

NAZIONALE
B. Prov.
IV
196
NAPOLI
VITT. EM. III



BIBLIOTECA PROVINCIALE
Armadio XXI
Palchetto
Num.° d' ordine 13
21428

NOTIONS DES ANCIENS

SUR LES

MARÉES ET LES EURIPES,

PAR

M. TH.-H. MARTIN,

DOYEN DE LA FACULTÉ DES LETTRES DE RENNES, MEMBRE CORRESPONDANT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, ARTS ET BELLES-LETTRES DE CAEN.



CAEN
TYP. F. LE BLANC-HARDEL, IMPRIMEUR
RUE FROIDE, 2

1866.

Extrait des Mémoires de l'Académie impériale des Sciences, Arts et Belles-Lettres de Caen.

NOTIONS DES ANCIENS

SUR LES



MARÉES ET LES EURIPES [1].

Les mers extérieures éprouvent chaque jour, en chaque point de leurs rivages, des changements périodiques de niveau, dont l'intensité est trop grande pour qu'ils puissent rester inaperçus, et dont la régularité ne permet pas de les attribuer à des causes accidentelles. Ces alternatives constantes de *flux* et de *reflux* constituent ce qu'on appelle les *marées*. Considérables sur les grands rivages des mers extérieures, ces changements de niveau sont aussi réguliers, mais beaucoup moindres, sur les petits îlots ou rochers isolés en pleine mer, de sorte qu'ils n'y sont facilement observables qu'en temps calme. Ils se font sentir aussi un peu dans les mers intérieures, surtout

(1) Les recherches que m'a demandées ce travail, entrepris depuis un grand nombre d'années et complété peu à peu jusqu'à ces derniers temps, ont été grandement aidées par des notes manuscrites que mon savant ami, M. Egger, membre de l'Institut, avait prises en vue d'un travail analogue, et qu'il m'a communiquées depuis longtemps. Je suis heureux de pouvoir lui en exprimer ici mon affectueuse reconnaissance.

dans certains golfes et détroits de ces mers (1) ; mais ils sont généralement trop faibles pour que les vents, causes accidentelles d'élévation ou d'abaissement des eaux, ne suffisent pas à les rendre presque insensibles ; de sorte que, pour bien constater et surtout mesurer ces marées des mers intérieures, il faut appliquer à des observations nombreuses et persévérantes le calcul des moyennes. Sur les côtes des mers extérieures, l'observation est bien plus facile, tant qu'on ne vise pas à une grande exactitude : il est aisé de constater que deux fois les eaux s'élèvent et deux fois elles s'abaissent dans l'intervalle de vingt-quatre heures, ou, pour mieux dire, dans un temps un peu plus long, puisqu'il y a un retard quotidien de quarante-huit à quarante-neuf minutes, et de remarquer qu'ainsi pour chaque lieu le phénomène revient à peu près aux mêmes heures au bout de la moitié du mois lunaire

(1) Sur les marées de la Méditerranée, voyez Crescenzi, *Nautica Mediterranea*, lib. III ; Riccioli, *Almagestum novum*, lib. IX, sect. 4, c. XIV, § 16; Gassendi, *De physica Epicuri*, p. 1091 (Lyon, 1649, petit in-fol.); les *Mémoires de l'Académie des sciences*, 1767, p. 293, et Scaccia, *Osservazioni intorno al flusso e al reflusso del Mediterraneo* (*Bibliotheca italiana*, 1819, p. 211). Sur les marées de l'Adriatique en particulier, voyez Bianchi, cité par Montucla, *Hist. des math.*, 2e éd., t. IV, p. 300; Toaldo, *Novæ tabulæ barometri æstusque maris*, 1763 ; le même, *Della vera influenza degli astri*, 1781 ; un article de Strange dans les *Philosophical Transactions*, t. LXVII (London, 1777), et Lalande, *Voyage en Italie*, p. 12. Sur les marées du détroit de Sicile, voyez Cluvier, *Sicilia antiqua*, I, 5, et Popowitsch, *Untersuchungen vom Meere*, p. 153, 165 et 216 (1750, in-4°). Sur les marées de Marseille, voyez un mémoire du P. Pezenas dans le Recueil de ses *Mémoires de mathématiques et de physique rédigés à l'Observatoire de Marseille* (5 vol. in-4°, 1755 et suiv.).

synodique, dont la durée est, comme on sait, de 29 jours 12 heures et un peu plus de 44 minutes. En même temps, il est aisé de voir que l'intensité du flux et du reflux subit des variations qui, au bout d'un demi-mois lunaire synodique, ont accompli leur période régulière. En examinant de plus près ces phénomènes et en prenant des moyennes entre des observations continuées pendant longtemps en un même lieu et concernant les marées de chacune des époques de chaque lunaison, l'on découvre qu'outre ces deux périodes, l'une diurne, ou, pour mieux dire, semi-diurne, l'autre mensuelle, ou, pour mieux dire, semi-mensuelle, il y a encore, pour les marées, certaines variations secondaires d'heures et d'intensités, variations régulières aussi, et qui dépendent soit de la révolution du périgée et de l'apogée de l'orbite lunaire et de la révolution de ses nœuds, soit des saisons de l'année solaire et par conséquent du mouvement de la terre en déclinaison et du changement de sa distance au soleil. Or, Newton et Laplace ont établi que les lois de la gravitation universelle rendent compte de tous ces changements réguliers du niveau des mers par les attractions diversement combinées de la lune et du soleil : grâce aux belles théories de ces deux savants et de quelques autres, la science en est venue au point de prévoir avec certitude les heures et les intensités des marées, sauf les perturbations produites par des causes accidentelles. Ces théories, faites d'abord pour la pleine mer, s'appliquent ensuite aux différents points des rivages, à l'aide d'un coëfficient empirique d'intensité pour chaque lieu, et en tenant compte des *heures de port*,

c'est-à-dire d'un retard par rapport à l'heure théorique des marées, retard différent suivant les lieux, mais constant pour chaque lieu, et produit par des causes locales, mais permanentes.

Les courants marins, surtout ceux qui se produisent aux détroits et qu'on nomme *euripes*, viennent altérer en apparence le phénomène des marées. Cependant la science réussit à faire à peu près la part des causes qui concourent à produire ces résultats compliqués.

En outre, certaines sources situées près des bords de l'Océan présentent des phénomènes analogues à ceux du flux et du reflux, et qui s'expliquent par les lois de l'hydrodynamique.

Jusqu'à quel point les anciens ont-ils devancé les modernes dans ces découvertes, qui ont établi un lien de plus entre l'astronomie et la géographie physique? Cette question intéressante, que nous nous proposons de résoudre, se divise en deux autres : 1° jusqu'à quel point les anciens avaient-ils observé ces faits si remarquables et en avaient-ils aperçu les lois? 2° jusqu'à quel point en avaient-ils soupçonné les causes?

En d'autres termes : 1° quelles ont été les observations des anciens sur les marées? 2° quelles ont été, sur cet objet, leurs théories et leurs hypothèses?

Telles sont les deux questions que nous allons traiter successivement, en rapprochant et en discutant les textes anciens relatifs à chacune d'elles.

Ire PARTIE.

OBSERVATION DES FAITS.

I.

NOTIONS GÉNÉRALES DES ANCIENS SUR LES MARÉES ET SUR LES LIEUX OU ELLES SE PRODUISENT.

A l'exception de l'astronome Séleucus de Babylone, chaldéen, disciple des Grecs, et dont, comme nous le verrons (§§ 2, 8 et 22), l'opinion sur les marées nous a été transmise par des auteurs grecs, et à l'exception des Phéniciens de Gadès, dont, comme nous le verrons aussi (§ 14), une remarque sur les marées nous a été conservée par Strabon, les Grecs et les Romains sont les deux seuls peuples antiques dont nous connaïssions les observations et les théories sur le flux et le reflux de la mer : et ces deux peuples eux-mêmes paraissent n'avoir fixé qu'assez tard leur attention sur ces variations périodiques, peu sensibles dans la seule mer qui leur ait été bien connue de bonne heure, c'est-à-dire dans la Méditerranée.

§ 1er. *Premières notions des Grecs et des Romains sur les marées.*

Cependant Strabon (1) a cru voir une allusion aux marées dans les épithètes ἀψόῤῥοος et παλίῤῥοος données au *fleuve Océan*, l'une par Homère (2), l'autre par

(1) I, 1, § 7, p. 4-5 (Casaubon).
(2) *Iliade*, XVIII, 399, et *Odyssée*, XX, 65.

Hésiode (1). Mais, d'abord, ces épithètes pourraient tout aussi bien désigner, dans ces textes, le mouvement alternatif des vagues sur la plage ; et, en effet, tel est le sens des épithètes παλίῤῥους et παλιῤῥόθιος dans deux textes, l'un d'Euripide (2), l'autre d'Homère (3), dans lesquels il s'agit évidemment d'un mouvement alternatif accompli par une vague en un instant, et nullement du flux et du reflux de la mer, qui durent chacun six heures et plus. Cependant les épithètes παλίῤῥοος et ἀψόῤῥοος, dans leur application spéciale à ce qu'Homère (4) appelle le *fleuve Océan*, à ce fleuve qu'il nomme ἀκαλαῤῥείτης (5), c'est-à-dire *paisible dans son cours*, doivent plutôt, comme le dit Eustathe (6), signifier que, suivant la croyance primitive des Grecs, ce fleuve *rentrait sur lui-même* en faisant tout le tour de la terre circulairement de l'ouest au nord, du nord à l'est, de l'est au sud, du sud à l'ouest et ainsi de suite (7). Ce *fleuve Océan*, qu'Ulysse traversait en si peu de temps, lorsqu'en une journée il allait de l'île de Circé au séjour des morts sur la rive occidentale au-delà de ce fleuve, et que sur son navire il revenait à l'île de Circé avant le point du jour (8), ce fleuve ima-

(1) *Théogonie*, 776.

(2) *Iphigénie en Tauride*, 1397.

(3) *Odyssée*, V, 430. Comparez Eustathe sur ce vers.

(4) *Iliade*, XIV, 245-246 ; XVIII, 607 ; XX, 7 ; XXI, 195 ; *Odyssée*, XI, 157-159 et 639 ; XII, 1.

(5) *Iliade*, VII, 422 ; *Odyssée*, XIX, 434.

(6) Sur l'*Odyssée*, XX, 65, et sur la *Périégèse* de Denys, v. 3.

(7) Voyez Vœlker, *Ueber homerische Geographie und Welthunde*, III, 1, § 48, p. 94, et IV, § 74, p. 143-146 (Hannover, 1830, 1 vol. in-8°).

(8) *Odyssée*, X, 506-512, et 541 ; XI, 13-21, et 639-640 ; XII, 1-9.

ginaire des vieilles épopées de la Grèce n'était point l'Océan des géographes, grande mer extérieure qu'Homère n'a pas connue, lui dont les notions réelles, mais bien vagues, sur les régions de l'Ouest ne dépassaient pas la Sicile.

Strabon (1) a cru reconnaître les marées du détroit de Sicile dans le passage de l'*Odyssée* (XII, 105) où Homère dit qu'*en un jour* le gouffre de Charybde engloutit les eaux *trois fois* et les revomit *trois fois*; mais rien n'autorise cette explication, repoussée par le nombre *trois*, d'autant plus que le *jour* est probablement ici le temps qui s'écoule entre l'aurore et le crépuscule du soir (2).

Quelques érudits de la décadence grecque (3) croyaient voir dans l'épithète πλήθουσα, appliquée à la lune par Homère, une allusion à l'influence de la lune sur le flux de la mer et à la période mensuelle des marées. Mais le participe πλήθων et le verbe πλήθω, dans Homère et dans tous les auteurs de bonne gré-

(1) I, 1, § 7, p. 4 (Casaubon).

(2) Il n'y a qu'un seul vers d'Homère (*Odyssée*, X, 80) où le mot ἦμαρ, contenu dans l'adverbe ἐξῆμαρ, paraisse signifier l'intervalle d'un jour et d'une nuit. Mais, dans ce vers même et dans d'autres (*Odyssée*, IX, 74; XIV, 93), le même mot ἦμαρ exprime la *journée* opposée au temps de la *nuit*, puisqu'au nombre des jours Homère ajoute celui des nuits. Il en est de même dans Hésiode (*Théogonie*, 722; *Travaux et jours*, 612). D'autres vers où Hésiode compte simplement par *jours* (*Théog.*, 59; *Travaux et jours*, 564 et 663) ne prouvent rien ici, puisque Homère (*Iliade*, I, 493; XXI, 80-81; *Odyssée*, XIX, 192) compte de même par *aurores*: c'est la partie mise pour le tout.

(3) Voyez Eustathe sur Homère, *Iliade*, XVIII, 484.

cité, n'ont que le sens intransitif, et πλήθουσα σελήνη est tout simplement *la pleine lune*, et nullement *la lune qui remplit* les mers.

Les mots πλήμμυρις ou ῥαχία signifient souvent la *marée montante*, de même que les mots ἄμπωτις ou ἀνάῤῥοια signifient le *reflux*. Mais le mot πλήμμυρις s'est appliqué primitivement à toute crue des eaux (1). Ce mot se trouve une fois dans l'*Odyssée* (IX, 486), où il signifie un mouvement de la vague en avant, mais un mouvement qui, causé par la chute de la pierre énorme lancée dans la mer par le Cyclope (2), n'a rien de commun avec la marée montante.

Quant au mot ἁλοσύδνη, employé dans Homère (3) comme surnom d'Amphitrite et de Thétis, il signifie que ces déesses sont *nées de la mer*, et il n'a aucun rapport avec les marées, quoi que des savants modernes (4) en aient pu dire.

Les auteurs les plus anciens chez lesquels nous trouvions une mention certaine des marées sont Hérodote (5), Pythéas (6), Platon (7) et Aristote. Pour cette époque, le principal initiateur de la Grèce à la

(1) Voyez Eschyle, *Choéphores*, 183; Euripide, *Alceste*, 181; *Suppliantes*, 715.

(2) *Odyss.*, X, 486. Voyez Eustathe sur ce vers.

(3) *Odyss.*, IV, 404; *Iliade*, XX, 207.

(4) Scaliger sur Festus, au mot SALACIA, et Daléchamp sur Pline, II, 99 (97).

(5) II, 11, et VII, 198.

(6) Dans Stobée, *Appendix*, t. IV, p. 437 de l'édit. de Gaisford, et dans le faux Plutarque, *Opinions des philosophes*, III, 17.

(7) *Phédon*, p. 111 C-112 E.

connaissance de ce phénomène fut le phocéen Pythéas de Marseille, qui avait visité Gadès, et dont les explorations, tant par terre que par mer (1), pénétrèrent vers le Nord, sur les côtes de l'Océan, jusqu'à l'île de Bretagne et à la Scandinavie (2). D'un autre côté, Néarque, amiral de la flotte d'Alexandre, visita, depuis les bouches de l'Indus jusqu'à celles de l'Euphrate, les côtes de l'Océan Indien, dont les marées furent ainsi connues et décrites par les compagnons d'Alexandre. Quant à Aristote, qui composait sa *Météorologie* pendant l'expédition d'Alexandre (3), se trouvant sans doute trop peu renseigné sur ce phénomène, il n'en a rien dit dans les trois premiers chapitres du second livre de cet ouvrage, chapitres où il traite des propriétés de la mer. Il a parlé des marées, mais d'une manière tout-à-fait incidente et sans aucun détail précis, dans un autre chapitre du même livre (II, 8, § 7), où il est question des tremblements de terre, et il a fait une simple allusion aux marées dans son *Traité de la génération des animaux* (IV, 10), qui paraît avoir été sa dernière œuvre (4).

Clitarque (5), contemporain d'Alexandre, Diodore

(1) πλωτὰ καὶ πορευτά, dit Polybe dans Strabon, II, 4, § 2, p. 104 (Casaubon).

(2) Voyez M. Redslob, *Thule*, kap. IV, *Die Reise des Pytheas*, p. 68-101 (Leipzig, 1855, in-8°), et M. Bessell, *Ueber Pytheas von Massilien und dessen Einfluss auf die Kenntniss der Alten vom Norden Europas*, p. 19-145, 193, 241-266 (Gœttingen, 1858, in-8°).

(3) Voyez M. Rose, *De Aristotelis librorum ordine et auctoritate*, p. 204-206.

(4) Voyez M. Rose, même ouvrage, p. 216 et suiv.

(5) Dans Strabon, VIII, 2, p. 293 (Casaubon).

de Sicile (1), Arrien (2) et Quinte-Curce (3) nous disent quel étonnement et quelle frayenr ce phénomène, peu connu des Grecs jusqu'alors, inspira aux soldats qu'Alexandre conduisit jusqu'aux bords de l'Océan Indien. Un récit de Polybe (4) nous montre que les marées produisirent la même impression sur les Romains, dans les Syrtes, à l'époque de la première guerre punique.

Cependant le culte de Venilia et de Salacia, déesses marines, était très-ancien à Rome, et saint Augustin (5) rapporte une explication d'après laquelle ces déesses auraient présidé la première au flux et la seconde au reflux de la mer. Mais cette explication, qu'aucune autorité n'appuie, ne donne pas le sens antique du culte de ces deux divinités de la mer. Par son étymologie, le mot *Salacia* ne peut pas exprimer le *reflux* de la mer, et, en effet, ce sens n'y a été trouvé ni par Varron, ni par Festus, ni par aucun auteur connu. Le mot *Venilia* se prêterait mieux à exprimer le *flux;* mais l'étymologie de ce mot n'a été interprétée ainsi par aucun auteur ancien (6).

(1) XVII, 106.

(2) *Expédition d'Alexandre*, VI, 9.

(3) *Hist. d'Alexandre*, IX, 9.

(4) *Histoires*, IX, 9.

(5) *De Civitate Dei*, VII, 22.

(6) Voyez Varron, *Ling. lat.*, V, 72, p. 21 (Egger); Festus, *De verb. signif.*, p. 135 (ed. rom.), et les extraits de Festus par Paul Diacre, p. 420, l. 20 et suiv. (*Auct. ling. lat.*, Ed. Godefroy). Comparez Virgile, *Enéide*, X, 75; Servius, sur l'*Enéide*, X, 76, et I, 724, et sur les *Géorgiques*, I, 31; Cicéron, trad. lat. du *Timée*,

Vers les derniers temps de la République romaine et le commencement de l'époque impériale, deux philosophes stoïciens grecs, dont le premier avait observé lui-même les marées à Gadès et qui tous deux furent très-connus des Romains, Posidonius d'Apamée (1), maître de Cicéron à Rhodes et ambassadeur des Rhodiens à Rome, et Athénodore de Cana près de Tarse (2), maître du jeune Octave à Apollonie, et plus tard ami et conseiller de son élève devenu l'empereur Auguste, publièrent sur les marées des notions qui, plus exactes et plus précises que celles qu'on avait eues jusqu'alors, se répandirent en Grèce et en Italie, et qui, jointes à celles de Pythéas, furent reproduites et propagées par Strabon, ami d'Athénodore, par Pline (3) et par d'autres auteurs.

Cependant des rhéteurs romains (4) continuèrent de citer le flux et le reflux de l'Océan comme ayant

ch. 11 ; Aulus Gellius, XIII, 22 ; Apulée, *Metam.*, IV, l. I, p. 308, et *Apol.*, t. II, p. 467 (Leyde, 1786 et 1823, 3 vol. in-4°), et saint Augustin, *De Civ. Dei*, IV, 10.

(1) Dans Strabon, I, 1, § 9, p. 6 ; I, 3, § 12, p. 55 ; III, 5, § 7-9, p. 172-175 (Casaubon). Comparez Bake, *Posidonii Rhodii reliquiæ doctrinæ* (Leyde, 1810, in-8°).

(2) Dans Strabon, I, 1, § 9, p. 6 ; I, 3, § 12, p. 55 ; III, 5, § 7, p. 173. Comparez XIV, 5, § 14, p. 674-675, et XVI, 4, § 21, p. 779 ; Lucien, *Longévité*, § 21, et Sévin, *Rech. sur la vie et les ouvrages d'Athénodore* (*Mém. de l'Acad. des inscriptions*, 1re série, t. XIII).

(3) II, 97, s. 99-100, nos 212-219, t. I, p. 189-192 (Sillig). Comparez I, *Catal. auct. lib.* II, p. 20.

(4) Oscos et Fabianus, cités par Sénèque le rhéteur, *Suasoria*, I, p. 4-5 (ed. bip. alt.).

été un des dangers les plus capables d'effrayer l'audace d'Alexandre.

§ 2. *Généralité et périodicité régulière des marées dans l'Océan.*

Hérodote (1) et, trois siècles plus tard, Agatharchide (2) avaient signalé les marées du golfe Arabique ; les historiens contemporains d'Alexandre (3) et l'astronome Séleucus de Babylone (4) celles de la mer des Indes ; Posidonius avait observé celles de Gadès (5), déjà connues d'Aristote (6) ; Pythéas celles de l'île de Bretagne (7), et c'était probablement aussi d'après les relations de Pythéas que l'historien Timée (8) parlait de celles des rivages occidentaux des Gaules. Mais Hérodote et Agatharchide paraissent avoir considéré ce phénomène comme propre seulement aux localités désignées par eux.

Nous ignorons si Platon et Pythéas en soupçonnaient la généralité (9), que du moins ni l'un ni

(1) II, 11.

(2) Dans la *Bibliothèque* de Photius, cod. 250, p. 449 (Bekker).

(3) Voyez Onésicrite et Clitarque dans Strabon, I, 1, § 8, p. 5 ; XV, 1, §§ 20 et 34, p. 693 et 701 (Casaubon).

(4) Voyez Strabon, I, 1, § 9, p. 6, et III, 5, § 9, p. 174.

(5) Dans Strabon, III, 5, § 9, p. 174.

(6) Voyez Posidonius dans Strabon, III, 3, § 3, p. 153.

(7) Voyez Pline, II, 97, s. 99, n° 217.

(8) Dans le faux Plutarque, *Op. des Ph.*, III, 17, et dans Stobée, *App.*, t. 4, p. 437 (Gaisford).

(9) Deux erreurs, dont nous parlerons tout à l'heure, l'une de Timée, l'autre d'Eratosthène, ne doivent pas être imputées à Pythéas ;

l'autre n'avait affirmée. La pensée d'Aristote sur ce point n'est pas mieux connue. Dans sa *Météorologie* (1), il nomme en passant le flux et le reflux de la mer, mais seulement pour leur assimiler une alternative diurne qu'il attribue aux exhalaisons terrestres et aux vents, et pour expliquer par cette alternative les tremblements de terre et leur fréquence plus grande, dit-il, la nuit que le jour. C'est peut-être de cette comparaison que quelques auteurs anciens (2) ont conclu qu'Aristote expliquait les marées par des brises diurnes causées par la présence et l'absence du soleil sur l'horizon. Cette opinion, dont l'attribution à Aristote est confirmée par un passage du traité *De la génération des animaux* (IV, 10), n'implique pas nécessairement l'universalité des marées, mais ne l'exclut pas non plus. Il en est de même d'une autre opinion attribuée aussi à Aristote sur les marées, opinion dont nous parlerons plus loin (§ 17), et qui, comme nous le verrons, pouvait se concilier avec la précédente.

L'historien Timée, qui avait emprunté ses renseignements à Pythéas, paraît avoir pensé que le phénomène des marées se produisait uniquement sur les côtes occidentales de l'Europe (3). Érastosthène

car la première pouvait être une conclusion mal tirée des données fournies par Pythéas, et nous verrons qu'une de ces données contredisait la seconde erreur.

(1) II, 8, § 7. Il nomme aussi à ce propos les *Euripes*, dont il a traité ailleurs (*Météor.*, II, 1, § 11 et suiv.) sans les nommer.

(2) Voyez Stobée, *Ecl. phys.*, I, 41 ; le faux Plutarque, *Op. des phil.*, III, 17 ; et le faux Gallien, *Hist. philos.*, ch. 83.

(3) Voyez Stobée, *App.*, t. IV, p. 437 (Gaisford), et le faux Plutarque, III, 17.

croyait même qne ce phénomène, *au lieu de s'étendre à toute la circonférence de la terre habitée,* n'allait pas au-delà du *promontoire sacré* (cap St-Vincent), situé, suivant lui, tout au plus à 1,700 stades au nord-ouest de Gadès sur la côte d'Espagne (1). Très-injuste envers Pythéas, Strabon reproche ici à Ératosthène de s'être trop fié en beaucoup de choses au voyageur marseillais. Mais cette erreur, ainsi formulée, ne peut pas venir de cet habile explorateur, qui avait signalé, comme nous l'avons vu, les marées de l'île de Bretagne. C'est donc Ératosthène seul qui garde la responsabilité de cette fausse opinion, si tontefois Strabon n'a pas mal interprété la pensée d'Ératosthène et de Pythéas. Séleucus de Babylone et Hipparque conservèrent des doutes sur l'universalité et la régularité nniforme de ce phénomène dans tonte l'étendue des grandes mers (2). Ces doutes, entretenus par l'hypothèse d'Hipparque sur la séparation de l'Océan en plusieurs bassins sans communication entre eux (3), furent combattns par le géographe

(1) Voyez Strabon, III, 2, § 11, p, 148 (Casaubon). C'est par un contre-sens évident que, pour disculper Pythéas, M. Fuhr (*Pytheas*, p. 17 et p. 20, note 19, Darmstadt, 1842, in-4°), et M. Bessell (*Ueber Pytheas*, II, p. 42-44, Gœttingen, 1858, in-8°) font dire ici à Strabon que, suivant Ératosthène et Pythéas, les marées n'ont pas lieu dans la Méditerranée, mais seulement *dans l'Océan au-delà de Gadès.*

(2) Voyez Strabon, I, 1, §§ 8-9, p. 5-6.

(3) Sur ce système d'Hipparque, système antérieur à cet astronome et même à Aristote, qui le connaît, mais le repousse ; système adopté, après Hipparque, par Marin de Tyr, par Ptolémée et par Pappus, voyez mes *Études sur le Timée*, t. I, p. 311. Quoi qu'en

Artémidore, qui réfuta Ératosthène sur ce point (1) ; ce qui n'empêcha pas Cicéron (2) de prêter au philosophe académicien Cotta des expressions d'après lesquelles les marées sembleraient être un phénomène propre aux côtes de l'Espagne et de la Bretagne. Mais ces doutes persistants furent détruits d'une manière victorieuse par Posidonius et par Athénodore, qui approfondirent la question du flux et du reflux (3). Leur opinion sur ce point fut adoptée par la plupart des auteurs postérieurs, notamment par Strabon (4), qui se contentait d'admettre, avec raison, quelques différences locales, et par Pline (5), pour qui l'universalité des marées dans les mers extérieures n'était pas l'objet d'un doute.

Cependant des opinions divergentes sur ce point se reproduisirent plus tard. Par exemple, au IVe siècle de notre ère, saint Basile (6) semble penser que les marées se font sentir seulement dans la *mer occidentale* qu'il nomme *Océan*. Vers le commencement du IIIe siècle, le géographe Agathémère (7), sans dire s'il admet qu'il y ait des marées

dise M. Ruge (*Der chaldæer Seleucus*, p. 18-23, Dresden, 1865, in-8°), l'opinion de Séleucus sur les marées ne prouve pas qu'il ait cru à la séparation des mers extérieures en plusieurs bassins. Ératosthène croyait à l'unité de ces mers, et croyait encore moins que Séleucus à l'universalité des marées.

(1) Voyez Strabon, III, 2, § 11, p. 148 (Casaubon).

(2) *Nat. Deor.*, III, 10.

(3) Voyez Strabon, I, 1, § 9, p. 6, et I, 3, § 12, p. 55 (Cas.).

(4) I, 1, § 8, p. 5 ; VII, 2, § 1, p. 402 (Cas.).

(5) II, 97, s. 99, n°s 217-218.

(6) *Hexaëm*, VI, 11, p. 61 B C (Bened.).

(7) III, 11, p. 369 (Hoffmann).

dans toutes les mers extérieures, en nie implicitement la régularité uniforme, puisqu'il prétend que le flux dure plusieurs jours et le reflux plusieurs autres jours sur les côtes de l'Inde. Au VI[e] siècle de notre ère, le roi de Perse Chosroès, dans une question adressée à Priscien de Lydie, paraît croire que le phénomène des marées ne concerne que la *mer Érythrée*, c'est-à-dire le golfe Persique, le golfe Arabique et la grande mer qui les unit (1). C'est aussi à quelques lieux, notamment sur les côtes de la mer Érythrée, qu'un scoliaste des quatre livres astrologiques de Ptolémée (2) borne ce phénomène.

§ 3. *Différence d'intensité suivant les lieux.*

Les anciens savaient que les marées ne sont pas également fortes sur tous les points des bords de l'Océan. Ils avaient signalé l'intensité remarquable de celles de l'île de Bretagne (3) et des îles voisines (4), de la Germanie (5) et des Gaules (6), de

(1) Voyez *Prisciani philosophi solutiones eorum de quibus dubitavit Chosroes Persarum rex*, quæst. VI, p. 569-570, à la suite de Plotin (Didot).

(2) *In Ptol. quadripart.*, II, p. 63 (Bâle, 1559, in-fol.).

(3) Voyez Pythéas dans Pline, II, 97, s. 99, n° 217; Tacite, *Agricola*, c. 10; Hérodien, III, 14.

(4) Voyez Diodore de Sicile, V, 22, § 2-3, et Priscien, *Solutiones*, etc., quæst. VI, p. 571 (Didot).

(5) Voyez Manilius, *Astron.*, IV, 792-794; Pomponius Mela, III, 6, l. 77-81, p. 282 (Leyde 1748, in-8°), et Pline, XVI, 1, s. 1, n° 2.

(6) Voyez César, *De Bell. gall.*, III, 9, 12 et 13, et IV, 29; Florus, III, 10, § 5; et Dion Cassius, XXXIX, 40-41.

Gadès (1), des côtes de l'Inde (2) et de certaines îles près de ces côtes (3).

Pline (4) remarque, avec raison, que les marées sont plus intenses près des grands rivages qu'en pleine mer. Strabon (5) observe, avec non moins de vérité, qu'elles sont plus fortes dans les lieux où la la mer se trouve resserrée entre deux rivages (6).

Les Grecs nommaient ἀναχύσεις et les Romains *æstuaria* des baies, quelquefois prolongées fort loin dans les terres, et dont le sol présente un niveau intermédiaire entre ceux de la haute et de la basse mer : de sorte que le flux les couvre et le reflux les découvre deux fois par jour en grande partie, sinon en totalité (7). Les auteurs anciens signalent la force

(1) Voyez Posidonius dans Strabon, III, 5, §§ 7-8, p. 172-174 (Cas.) ; Tite-Live, XXVIII, 30 ; Lucain, I, 405-411 ; Silius Ital., III, 46-60, et XVI, 195-196.

(2) Voyez Onésicrite dans Strabon, XV, 1, § 20 et 34, p. 693 et 701 (Cas.) ; Diodore de Sic., XVII, 106 ; le *Périple de la mer Érythrée*, p. 168 (Blancard), et Solin, c. 23, p. 32 *g* (1689, in-fol.).

(3) Voyez Pline, XIII, 25, s. 51, n° 141. Diodore de Sic. (II, 58) parle de la force des marées sur les côtes des *Iles Fortunées* de l'Océan méridional ; mais c'est d'après les fabuleux récits d'Iambule, qui prétendait que près de ces îles l'eau de l'Océan était douce. Contre cette erreur, voyez Ælius Aristides, *Discours égyptien*.

(4) II, 97, s. 99, n° 218.

(5) III, 2, § 4, p. 142-143 (Cas.).

(6) Voyez aussi Aristote dans Strabon, III, 3, § 3, p. 153 ; il se trompe seulement sur la configuration des côtes de l'Espagne.

(7) Varron avait composé un traité *De æstuariis*, qu'il cite *De ling. lat.*, IX, 26, p. 148 (Egger). Sur les *estuaires*, voyez aussi Varron, *De re rust.*, III, 17 ; Strabon, III, 1, § 9, p. 140 ; III, 2, §§ 4-5, p. 142-144 ; et III, 3, § 1, p. 151-152 (Cas.) ; César, *De Bell. gall.*, II, 28, et III, 9 ; Pline, III, 1, s. 3, n° 11 ; III, 26, s. 3,

et la rapidité prodigieuses de la marée dans certains *estuaires*, en particulier dans ceux des côtes occidentales de l'Espagne (1) et des Gaules (2). Ils remarquent aussi que le flux de la mer, surtout dans les fortes marées, remonte fort loin dans les fleuves, dont il refoule les eaux (3). Des écrivains, que Strabon (4) refuse de croire sur parole, prétendaient que sur la côte occidentale de la Mauritanie il y avait un antre où la marée haute pénétrait jusqu'à une profondeur de sept stades, tandis que, sur une plaine unie qui s'étendait devant l'ouverture de cet antre, s'élevait un autel d'Hercule qui n'était jamais recouvert par les flots.

Les Grecs et les Romains paraissent avoir ignoré un fait important, mais qu'il leur aurait été bien difficile de constater, surtout eu égard à leur habitude de se borner au cabotage le long des côtes de

n° 151 ; V, 1, s. 1, n° 3 ; XVI, 1, s. 1, n° 2 ; Pline-le-Jeune, *Ep.*, IX, 33 ; Valère-Maxime, IX, 1 ; S. Isidore de Séville, *Orig.*, XIII, 18 ; les Extraits de Festus par Paul Diacre au mot ÆSTUARIA, et Servius, sur les *Géorgiques*, II, 479-480.

(1) Voyez Strabon, cité dans la note précédente.

(2) Voyez Servius, *Géorg.*, II, 479-480.

(3) Voyez Posidonius dans Strabon, III, 5, § 9, p. 174-175 ; le *Périple de la mer Érythrée*, p. 168 (Blancard) ; Timée dans le faux Plutarque, *Op. d. ph.*, III, 17, et dans Stobée, App., t. IV, p. 437 (Gaisford) ; Antigone de Caryste, ch. 148 ; Priscien de Lydie, *Solutiones ad Chosroem*, p. 571 ; Tacite, *Agricola*, ch. 10 ; Pomponius Mela, III, 6 ; Sénèque, *Nat. q.*, III, 28, § 6 ; Claudien, *Sext. cons. Honorii*, 496, et *in Rufinum*, II, 113-114 ; S. Sidoine Apollinaire, *Paneg. Aviti*, 394-398, et *Burgus Pontii Leontii*, 106-113, et Servius, sur l'*Enéide*, I, 248.

(4) XVII, 3, § 3, p. 826 (Cas.).

l'Océan : ce fait, c'est la gradation de l'intensité des marées en raison inverse des latitudes, gradation observable seulement en pleine mer, parce que les influences locales y sont sensiblement nulles (1).

§ 4. *Marées de la Méditerranée et des autres mers intérieures.*

Pline (2) dit, avec raison, que les marées sont moins sensibles dans les autres mers que dans l'Océan. Solin (3), reproduisant les idées d'auteurs qu'il ne nomme pas sur la formation de la Méditerranée par une antique invasion des eaux de la grande mer extérieure (4), et l'opinion des Stoïciens sur les marées considérées comme un phénomène vital, ajoute, probablement aussi d'après les Stoïciens, que la respiration de l'Océan, cause du flux et du reflux, se propage dans la mer intérieure et s'y fait sentir sur plusieurs points, notamment sur les côtes de l'Italie. Priscien de Lydie (5), qui cite Posidonius et Arrien,

(1) L'arabe Abou-Mashar (*Intr. ad Astron.*, XI, 4-8, trad. lat., Venise, 1506, in-4°), qui vivait au Xe siècle, dit que les marées doivent être nulles dans les mers *trop éloignées du lieu où la lune agit*, c'est-à-dire dans les mers polaires. Sur les marées de la Laponie, voyez M. Martins, *Du Spitzberg au Sahara*, p. 132 et 137-8 (1866, in-8°).

(2) II, 97, s. 99, n° 217.

(3) *Polyhistor*, c. 18, p. 28, et c. 23, p. 32-33 (1689, in-fol.)

(4) Comparez Macrobe, *Saturn.*, VII, 12, § 35-36, t. II, p. 618 (Janus); l'allusion contenue dans les mots *non Gaditano freto* de Pline, IV, 13, s. 27, n° 93; Manilius, *Astron.*, IV, 637-638; le faux Aristote, *Du monde*, ch. 3, p. 393 (Berlin).

(5) *Solutiones ad Chosroem*, tr. lat., quæst. VI, p. 570 (Didot).

parle aussi de la propagation des marées de l'Océan dans la Méditerranée, et en particulier dans le détroit de Sicile. Macrobe (1) dit même qu'elles ont lieu partout dans la Méditerranée (*ubicumque in nostro mari*), soit dans les détroits resserrés, soit même sur quelques rivages non accidentés. Au contraire, Strabon (2) dit que l'Adriatique est *presque* la seule partie de la Méditerranée dans laquelle les marées se fassent sentir. Pourtant, dans un autre passage (3), il admet qu'elles se font sentir aussi près d'Éphèse. Hérodote (4) parle des marées du golfe Maliaque. En décrivant un flux et un reflux extraordinaires de la mer, près de Potidée, il ajoute (5) qu'il y en a souvent sur ce rivage, mais de moins forts. Pausanias (6), Claudien (7) et Procope (8) signalent aussi les marées de l'Adriatique; Pline (9), celles de la côte d'Illyrie; Varron (10) et Valère-Maxime (11), celles de Naples et de Baïa; Palladius (12), celles des côtes de Sardaigne; Antigone de Caryste (13), celles qui remontent dans le fleuve Camicus en

(1) *In Somn. Scip.*, II, 9, § 3, t. I, p. 172 (Janus).
(2) V, 1, § 5, p. 212 (Cas.).
(3) XIV, 1, § 24, p. 641.
(4) VII, 198.
(5) VIII, 129.
(6) I, 3, § 5.
(7) *Sext. cons. Honor.*, 495-499.
(8) *Guerre des Goths*, I, 1, p. 9 (Dindorf).
(9) III, 26, s. 30, n° 151.
(10) *De re rust.*, III, 17.
(11) IX, 1.
(12) *De re rust.*, II, novemb., tit. 15.
(13) *Hist. mere.*, ch 148.

Sicile ; Appien (1) et Silius Italicus (2), celles de Carthagène en Espagne ; Pline-le-Jeune (3), celles de la côte de Numidie, près d'Hippone ; un grand nombre d'auteurs (4) parlent de celles des Syrtes. Nous verrons (§ 17) qu'Aristote, dans un passage de ses *Météorologiques* (II, 1, § 11), semble avoir fait allusion aux marées de la Méditerranée, sensibles surtout dans les détroits. Enfin, Priscien de Lydie (5) parle des marées de la *mer d'Hyrcanie*, c'est-à-dire de la mer Caspienne, mer intérieure qu'il considère à tort comme un golfe de l'Océan.

§ 5. *Marées extraordinaires.*

Il arrive quelquefois que la marée, se trouvant favorisée par des causes accidentelles, présente, tel jour et en tel lieu, une intensité tout-à-fait inusitée, dont les lois ordinaires du phénomène ne peuvent pas rendre compte. Hérodote (6) cite un exemple d'un reflux considérable de la Méditerranée, suivi

(1) *Hist. rom.*, VI, *Iber.*, ch. 21.

(2) XV, 226, et 237-240.

(3) *Epist.*, IX, 33.

(4) Voyez Polybe, I, 39, § 3 ; Strabon, XVII, 3, § 17, p. 835 et 835-836 ; Scylax, *Périple*, p. 47 (Vossius) ; Denys, *Périégèse*, 107 et 201-204 ; Eustathe, sur ces vers de Denys ; Apollonius, *Argon.*, IV ; 1235-1244, et le Scoliaste sur ces vers ; l'*Etymologicum Magnum*, au mot ἄμπωτις ; Varron dans Solin, ch. 27, p. 35-36 (1689, in-fol.) ; Pline, II, 97, s. 99, n° 218 ; Pomponius Mela, 1, 7, etc.

(5) *Solutiones ad Chosroem*, p. 570 (Didot).

(6) VIII, 129.

d'un flux plus extraordinaire encore, entre Potidée et Pallène, pendant les guerres médiques. Nous avons déjà vu (§ 4) que, suivant Solin et d'autres auteurs, la Méditerranée aurait été formée par une brusque invasion de l'Océan entre l'Europe et l'Afrique. Les auteurs que Solin avait sous les yeux attribuaient peut-être cette catastrophe à une grande marée qui aurait rompu un isthme entre Calpé et Abyla, puisqu'ils alléguaient en faveur de leur hypothèse chimérique la transmission des marées de l'Océan à la Méditerranée. Snivant Diodore de Sicile (1), les Ichthyophages des bords du golfe Arabique conservaient le souvenir d'une marée prodigieuse pendant laquelle ce golfe aurait été laissé presque entièrement à sec, puis les eaux seraient revenues à leur niveau accoutumé. Le scoliaste des quatre livres astrologiques de Ptolémée (2) insinue que c'est à la faveur d'un reflux extraordinaire que Moïse et les Hébreux ont traversé ce même golfe à pied sec (3). Éphore, Clitarque et d'autres auteurs, pour expliquer l'émigration des Cimbres, disaient qu'une grande marée les avait chassés de leur péninsule (4). Posidonius (5) et

(1) III, 40.

(2) *In Ptol. quadripart.*, II, 13, p. 83 (Bâle, 1559, in-fol.)

(3) *Exode*, XIV, 21 et suiv. Comparez le juif Artapane dans Eusèbe, *Prép. évang.*, IX, 27, p. 432 A (Vigler). Voyez aussi Riccioli, *Almag. nov.*, t. II, p. 367; Desvignoles et un anonyme cités par Lalande, *Bibliogr. astron.*, année 1775; Salverte, *Sciences occultes*, ch. 4, 2e éd., p. 74, et M. Henry, *l'Egypte pharaonique*, t. II, p. 69.

(4) Voyez Strabon, VII, 2, § 1, p. 292-293 (Cas.).

(5) Dans Strabon, II, 3, § 6, p. 102.

Strabon rejettent cette explication, à laquelle le dernier oppose la régularité du flux et du reflux. De plus, il remarque que de son temps les Cimbres occupent encore leur péninsule, et que par conséquent le fait imaginé pour expliquer leur émigration partielle est plus que douteux. Mais il a tort de nier d'une manière absolue la possibilité d'une invasion soudaine de la mer : de fortes marées, surtout lorsqu'elles se trouvent favorisées par des tempêtes, par des trombes ou par des tremblements de terre, ou bien ces dernières causes seules, indépendamment des fortes marées, peuvent achever soudainement de triompher d'un dernier obstacle, qui auparavant empêchait seul la mer d'envahir des plaines basses.

II.

DE QUELQUES PHÉNOMÈNES LIÉS RÉELLEMENT AUX MARÉES OU CONFONDUS AVEC ELLES PAR LES ANCIENS.

Avant de dire ce que les anciens savaient sur les périodes des marées, nous devons dire ici quelques mots des courants qui s'établissent aux détroits, parce que ces courants subissent l'influence des marées et viennent compliquer les phénomènes qu'elles présentent, mais surtout parce que les anciens n'ont pas bien distingué ces deux ordres de phénomènes. Par la même raison, nous allons parler de certaines sources auxquelles on attribuait des espèces de marées journalières.

§ 6. *Sur les courants des détroits et sur leurs rapports avec les marées.*

Les anciens nommaient *euripes* les courants qui ont lieu aux détroits et qui vont ainsi d'une mer à une autre, tantôt dans une direction, tantôt dans une direction contraire (1). Ératosthène (2), l'auteur des *Récits merveilleux* attribués à Aristote (3), Antigone de Caryste (4), Cotta dans Cicéron (5), et Priscien de Lydie (6), probablement d'après Posidonius et Arrien qu'il vient de citer, admettent que les changements de direction du courant du détroit de Sicile coïncident avec les alternatives du flux et du reflux de l'Océan. Strabon (7) et Eustathe (8) disent que cet euripe a deux vicissitudes par jour (9). Pline (10) dit qu'à Tauromine les alternatives de l'euripe de Sicile se font sentir un plus grand nombre de fois en

(1) Voyez Pomponius Mela, II, 7, l. 75-82, p. 225 (Leyde, 1748, in-8°). Tel devait être l'euripe de Mitylène, dont parle Xénophon, *Hellen.*, I, 6, § 23.

(2) Dans Strabon, I, 3, § 11, p. 54-55.

(3) Ch. 6, p. 113 (Beckmann). Comparez ch. 142, p. 285-286.

(4) Ch. 138, p. 188 (Beckmann).

(5) *Nat. Deor.*, III, 10.

(6) *Solutiones ad Chosroem*, q. VI, p. 570, l. 25-41 (Didot).

(7) I, 2, § 3, p. 43, et I, 3, § 12, p. 55. Comparez Appien, *Guerres civiles*, V, 85-89.

(8) Sur l'*Odyssée*, XII, 105, et sur Denys, *Périégèse*, 475.

(9) Ils ajoutent qu'Homère (*Odyssée*, XII, 5), en parlant des *trois* vicissitudes quotidiennes de Charybde, a songé aux *deux* marées quotidiennes de l'Océan, et qu'il a mis le nombre *trois* par une inexactitude volontaire, afin d'augmenter la terreur.

(10) II, 97, s. 100, n° 219.

un jour et une nuit. Il est possible qu'à Tauromine des causes accidentelles produisent souvent cet effet, et qu'au détroit même le courant produit par la marée l'emporte habituellement, du moins pendant les syzygies, sur ceux qui résulteraient d'autres causes. Le plus célèbre des euripes, l'*Euripe* par excellence, nommé souvent ainsi sans autre désignation, était celui de Chalcis, entre l'Eubée et la Béotie. Cotta, dans Cicéron (1), semble croire que les mouvements de cet euripe coïncident avec les marées de l'Océan; mais, suivant la plupart des auteurs anciens (2), sa direction changerait sept fois en un jour et une nuit; suivant d'autres (3), elle changerait sept fois par chaque journée et sept fois par chaque nuit. Le mouvement de cet euripe a lieu quelquefois contre le vent, suivant Pomponius Mela (4). Tite-Live (5) contredit toutes ces assertions en soutenant que les variations de l'euripe de Chalcis sont irrégulières et

(1) *Nat. Deor.*, III, 10.

(2) Voyez Strabon, I, 3, § 12, p. 55; et IX, 2, § 8, p. 403; Denys de Chalcis dans Jean de Lydie, *Des mois*, II, 11, p. 26-27 (Bekker); Jean de Lydie lui-même, *Des mois*, I, 12, p. 16; Priscien, *Solutiones ad Chosroem*, q. VI, p. 570, l. 56-57 (Didot); Eustathe, sur l'*Odyssée*, XII, 105, et sur Denys, *Périégèse*, 473; l'*Etym. Mag.* et Suidas, au mot Εὔριπος, et Pline, II, 97, s. 100, n° 219. Comparez Lucain, V, 235.

(3) Voyez Pomponius Mela, II, 7, l. 78-82 (Leyde, 1748, in-8°), et Sénèque, *Hercules OEtæus*, 780-782.

(4) A l'endroit cité. Voyez aussi l'*Etym. Magn.*, au mot Εὔριπος.

(5) XXVIII, 6. Voyez aussi le scoliaste de Stobée (*Ecl. phys.*, l. II, p. 447, Heeren), qui attribue les mouvements alternatifs de l'euripe de Chalcis à l'effort des vagues pour franchir le détroit.

causées par les vents. Pausanias (1) exprime la même opinion sur l'euripe de Sicile, et Olympiodore (2) sur celui de Chalcédoine. En effet, ce n'était sans doute pas sans raison que l'inconstance capricieuse des euripes était passée en proverbe (3). Mais on sait quelle idée superstitieuse était attachée au nombre *sept*. Ce préjugé explique suffisamment l'assertion de Théon de Smyrne (4), qui prétend que tous les euripes varient *sept* fois par jour. L'euripe de Chalcis se repose tous les *sept* jours, suivant Antigone de Caryste (5) ; il se repose *trois* jours par lunaison, le *septième*, le huitième et le neuvième, suivant Pline (6). Aristote (7), Straton et Ératosthène (8), et les auteurs lus par Pline (9) et par Solin (10), sachant bien qu'un courant continu sort de la mer Noire, mais se trompant entièrement sur la direction du courant continu du détroit de Gadès, pensaient que

(1) V, 25, § 1.

(2) Sur la *Météorol.*, II, 1, fol. 28 *b*, Ald. (t. 1, p. 274, Ideler).

(3) Voyez Platon, *Phédon*, p. 90 *c* ; Aristote, *Eth. Nicom.*, IX, 6, p. 1167 (Berlin) ; Eschine, *contre Ctésiphon*, § 90 (*Oratores attici*, t. 2, p. 113, Didot) ; Ælius Aristides, *aux Rhodiens sur la concorde*, t. II, p. 380 (P. Estienne) ; Themistius dans Nicéphore, *Hist. eccles.*, X, 42 ; Cicéron, *Pro Muræna*, c. 17 ; Sénèque, *Hercule furieux*, 377 ; Claudien, *In Rufinum*, I, 91 ; Boèce, *Consol. philos.*, II, metr. I, etc.

(4) *Mus.*, c. 46 (*Arith.*, c. 78), p. 163 (Boulliau).

(5) C. 140, p. 189 (Beckmann).

(6) II, 97, s. 100, n° 219.

(7) *Météor.*, II, 1, § 11-14.

(8) Dans Strabon, I, 3, § 4, p. 49-50 (Casaubon).

(9) IV, 13, s. 27, n° 93 (Sillig).

(10) *Polyhistor*, c. 18, p. 28 (1689, in-fol.).

le mouvement dominant de la Méditerranée, malgré un balancement sensible dans les détroits, allait du Pont-Euxin à l'Océan Atlantique. Par conséquent, suivant eux, comme suivant les commentateurs d'Aristote, cette direction devait dominer dans les euripes de Byzance et de Gadès. Telle était la pensée d'Olympiodore (1), qui en même temps attribuait aux vents les variations de l'euripe de Chalcédoine, identique à celui de Byzance. Telle était aussi la pensée d'Alexandre d'Égée (2), qui trouvait dans le balancement dont parle Aristote la cause des mouvements alternatifs des euripes en général. Pline (3) dit, avec raison, que l'eau du Pont-Euxin s'écoule toujours par la Propontide. Hipparque (4) observait seulement que ce mouvement de l'euripe de Byzance se reposait quelquefois. Macrobe (5), admettant la possibilité de la superposition de deux courants contraires, affirmait qu'il y avait dans le détroit de Byzance un courant inférieur et profond, qui, venant de l'Océan Atlantique, allait constamment de la mer Égée au Pont-Euxin, et un courant supérieur, qui, formé par les eaux douces des fleuves, allait constamment du Pont-Euxin à la mer Égée. C'est l'inverse de l'opinion de quelques savants modernes sur un double courant du détroit de Gibraltar.

(1) Sur la *Météor.*, II, 1, f. 28 *b*, Alde (t. I, p. 274, Ideler).

(2) Sur la *Météorol.*, II, 1, f. 92 *a* (Alde, 1527, in-fol.).

(3) II, 97, s. 100, n° 219.

(4) Dans Strabon, I, 3, § 12, p. 55 (Cas.), et dans Eustathe, sur Denys, *Périégèse*, 475.

(5) *Saturn.*, VII, 12, n°s 34-37, p. 617-618 (Janus).

Suivant Porphyre (1), les fontaines et les euripes croissent et diminuent en même temps que la partie éclairée du disque de la lune. Saint Anastase le Sinaïte (2) dit la même chose des eaux en général, ou du moins de celles de la mer. « Les marins, dit-il, savent que les eaux augmentent et diminuent en même temps que le corps de la lune. » Cela n'est vrai ni des marées, qui ont deux périodes par lunaison et un *maximum* à la nouvelle lune aussi bien qu'à la pleine lune, ni des euripes, souvent confondus par les anciens avec les marées. Suivant saint Basile (3), les euripes sont, comme les marées, sous l'influence de la lune, mais avec des effets différents : à la nouvelle lune, les euripes changent de direction à chaque instant, tandis que dans ses autres phases la lune leur imprime des variations régulières. Suivant sant Ambroise (4), les euripes sont en repos à la nouvelle lune, et ne recommencent leurs mouvements que lorsqu'une certaine partie du disque de la lune est éclairée. Au contraire, saint Eustathe d'Antioche (5) semble croire que les courants alternatifs des euripes et les marées de l'Océan n'ont lieu qu'à-la nouvelle lune. Suivant l'astrologue chrétien, auteur du dialogue intitulé *Hermippe* (6), la lune est la cause *du flux et du reflux de la mer*

(1) *Intr. in Ptol. quadrip.*, p. 183 (Bâle, 1559, in-fol.).

(2) *Anag. contempl. in Hexaëm.*, IV (*Bibl. max. Patr.*, t. IX, p. 875 A).

(3) *Hexaëm.*, VI, 11.

(4) *Hexaëm.*, IV, 7.

(5) *Hexaëm.* (*Bibl. max. Patrum*, t. XXVII, p. 28 c.).

(6) II, 9, p. 42 (Bloch).

Atlantique : phénomènes *qui*, dit-il, *indiquent aux Ibériens et aux Libyens le temps de la nouvelle lune*. Or, voici en quoi consisteraient, suivant l'auteur, ce flux et ce reflux propres au détroit de Gadès : au moment de la conjonction de la lune avec le soleil, un courant s'établirait de la Méditerranée à la mer Atlantique par ce détroit, parce qu'alors, dit-il, *la lune aspire l'humidité de la terre* ; au contraire, à partir de la pleine lune, l'eau de la mer Atlantique refluerait vers la Méditerranée. Comme on le voit, cet astrologue ne connaissait bien ni les marées, ni les euripes, qu'il confondait avec elles. Pline lui-même (1) dit que les euripes sont des marées d'une nature spéciale et propres à certaines localités. Au moyen-âge, Guillaume de Malmesbury (2) va jusqu'à croire qu'*euripe* est le nom grec des marées.

En réalité, par le détroit du Bosphore, les eaux de la mer Noire, recevant des fleuves plus qu'elles ne perdent par l'évaporation, déversent leur trop-plein dans l'Archipel. Mais, au contraire, dans la Méditerranée, l'évaporation, activée par les vents secs et brûlants de l'Afrique, produit un déficit, que vient combler un courant rapide et continu, pénétrant de l'Océan Atlantique dans la Méditerranée par le milieu du détroit de Gibraltar, tandis que, sur les bords de ce même détroit, deux courants latéraux produits par les marées changent de direction deux fois par jour. Quant à un courant inférieur, qui, suivant Wol-

(1) II, 97, s. 100, n° 219. Comparez n° 218.
(2) *De gestis Angliæ regum*, lib. II, ann. 979.

laston (1), restituerait à l'Océan la partie la plus profonde, la plus dense et la plus salée des eaux de la Méditerranée, la réalité de ce contre-courant a été contestée avec raison par M. Lyell (2); car, d'une part, les reflux latéraux suffisent à l'explication d'un fait vainement allégué comme preuve de l'existence de ce contre-courant inférieur; d'autre part, le fond du détroit de Gibraltar est beaucoup au-dessus du niveau de ces eaux à forte salure qu'on retire des profondeurs de la Méditerranée.

Dans les autres détroits de la Méditerranée, il y a simultanément de petites marées, sensibles aux époques des syzygies, insensibles ou à peu près dans les quadratures; et des courants irréguliers, causé surtout par les vents et d'autant plus sensibles que les marées le sont moins (3).

Les anciens ont confondu aussi quelquefois avec les marées certains courants autres que ceux des détroits. Pline (4) tombe dans cette confusion, quand il dit qu'une marée rapide emporte quelquefois des navires d'Italie à Utique en trois jours. Appien tombe dans cette même confusion, quand il dit (5) que le reflux transporte en une demi-journée des Ibériens dans l'île de Bretagne : ce qui est une explication fausse d'un fait imaginaire, mais rendu vraisemblable aux yeux d'Appien par une erreur sur les positions

(1) *Philosophical Transactions*, 1829, part 1, p. 9.

(2) *Principles of geology*, II, 8, l. II, p. 96-99, sixth edition London, 1840, in-12).

(3) Voyez ci-après, § 24.

(4) II, 97, s. 99, n° 218.

(5) *Rom.*, VI, *Iber.*, c. 1.

respectives de cette île et de l'Espagne (1). C'est peut-être encore la même confusion qui fait dire à Appien (2) que César fut transporté rapidement dans l'île de Bretagne par le reflux. Enfin, nous verrons (§ 17) que, suivant quelques auteurs, les marées étaient produites par le choc de quatre grands courants des mers extérieures.

§ 7. *Marées dans des puits et des fontaines près de la mer.*

Pline (3) parle de sources thermales situées dans des îles près de l'Illyrie, à l'embouchure du Timave, et dont les eaux douces montent avec la marée. Il parle (4) aussi d'une fontaine située dans l'*Heracleum* de Gadès et dont les crues coïncident avec le flux, et les baisses avec le reflux de l'Océan, tandis qu'une autre fontaine située dans le même lieu présenterait, suivant lui, des phénomènes inverses. Il ajoute que l'eau de tous les puits d'une ville voisine du fleuve Bœtis et l'eau d'un puits d'Hispalis baissent pendant la marée montante et haussent pendant la marée descendante. Polybe, Silanus, Artémidore, et avec eux Strabon (5), qui les cite, attribuent à une fontaine de l'*Heracleum* de Gadès ce mouvement contraire à celui de la marée. Mais, suivant Posido-

(1) *Britannia..... in occidentem Hispaniæ obtenditur,* dit Tacite (*Agricola,* c. 10), qui rapproche de même l'Espagne de la Bretagne.

(2) *Rom.,* IV, *Celt.,* Excerpt., I, c. 5.

(3) II, 103, s. 106, n° 229, et III, 26, s. 30, n° 151.

(4) II, 97, s. 100, n° 219.

(5) III, 5, § 7, p. 172-173. (Cas.)

nius (1), témoin oculaire, qui avait étudié à Gadès même tout ce qui concerne les marées, il y avait dans l'*Heracleum* de Gadès deux fontaines, dont la plus petite se vidait rapidement en entier quand on y puisait, puis se remplissait lentement, et dont la plus grande baissait sensiblement pendant le jour, parce qu'on avait coutume d'y puiser pendant toute la journée, et réparait ses pertes pendant la nuit. De ce témoignage de Posidonius, comparé avec les expressions de Pline, il résulte que la merveille des deux fontaines de Gadès paraît s'être réduite à peu de chose. Il pourrait en être de même pour les puits d'Illyrie et de Bétique cités par Pline. Cependant, des observations modernes prouvent que certaines fontaines près des rivages ont des flux et des reflux qui correspondent à ceux de la mer (2); mais, je ne crois pas qu'on puisse citer des exemples certains du phénomène inverse.

Revenons aux marées proprement dites, et voyons comment et jusqu'à quel point les anciens en ont constaté les périodes.

(1) Dans Strabon, au même endroit.

(2) Voyez M. Arago, *Sur les puits forés*, etc., chap. VII (*Notices scientifiques*, t. III, p. 311-314). Comparez Riccioli, *Almag. nov.*, t. II, p. 336.

III.

PÉRIODES DES MARÉES (1).

§ 8. *Période diurne. — Influence des positions de la lune par rapport au méridien.*

Parmi les périodes des marées, la plus importante et la plus facile à observer est la période diurne. Les Grecs et les Romains, placés loin de l'Océan, ont été longtemps sans la connaître avec exactitude. Hérodote (2) se contente de dire que la marée a lieu *tous les jours* dans le golfe Arabique et dans le golfe Maliaque. Agatharchide (3) et Diodore de Sicile (4) s'expriment sur les heures des marées d'une manière plus précise, mais bien erronée, quand ils disent que sur le golfe Arabique la marée haute a lieu *deux fois chaque jour, à la troisième et à la neuvième heure*, c'est-à-dire vers neuf heures du matin et trois heures du soir, à six heures seulement d'intervalle, au lieu de douze. Par un excès contraire, Quinte-Curce (5) semble supposer que dans la mer Indienne il n'y a qu'une marée dans les vingt-quatre heures et toujours aux mêmes heures.

(1) Sur ces périodes et sur quelques opinions des anciens touchant les marées, voyez La Lande: *Du flux et du reflux de la mer* (1781, in-4°).

(2) II, 11, et VII, 198.

(3) Dans Photius, *Biblioth.*, cod. 250, p. 449 (Bekker).

(4) III, 15.

(5) IX, 9.

Par le peu de mots que Platon (1) dit sur les marées, on ne peut pas voir s'il leur attribuait une périodicité régulière. Un passage d'Aristote (2) signifie que les tremblements de terre sont rares et faibles pendant le jour, excepté vers l'heure de midi, parce que pendant le jour, excepté à midi, heure de calme, les vents, sortis de la terre, soufflent dans l'atmosphère; mais que les tremblements de terre sont fréquents et forts pendant la nuit et surtout au point du jour, parce que pendant la nuit les vents sont rentrés dans la terre, et qu'au point du jour ils font effort pour en sortir. De plus, Aristote compare au flux et au reflux de la mer et, en même temps, aux mouvements alternatifs des euripes cette sortie des vents hors de la terre et leur rentrée nocturne. Bien qu'Aristote ne le dise pas, cette comparaison peut induire à penser qu'il considérait le milieu du jour comme le moment de la haute mer, le milieu de la nuit comme le moment de la basse mer, le matin comme le temps du flux et de l'éruption des vents, le soir comme le temps du reflux et de la rentrée des vents dans la terre. Il n'y aurait ainsi, suivant lui, qu'une marée dans les vingt-quatre heures, et il ignorerait le retard quotidien de 48 minutes. En effet, quelques auteurs (3) disent que, suivant Aristote et Héraclide de Pont, la période diurne des marées se

(1) *Phédon*, p. 111 C-112 E.

(2) *Météor.*, II, 8, § 7.

(3) Stobée, *Ecl. phys.*, I, 41, p. 634-636 (Heeren); le faux Plutarque, *Op. de philos.*, III, 17, et le faux Gallien, *Hist. philos.*, ch. LXXXIII, t. IV, p. 433, éd. gr. (Bâle).

réglait sur des brises causées par la révolution diurne du soleil autour de la terre. Cependant, nous verrons (§ 17) qu'Aristote paraît avoir admis subsidiairement une certaine influence de la lune sur les vents et sur les mers.

Dans le traité *Du monde* (1), faussement attribué à Aristote, on lit : « Il y a, *dit-on*, *beaucoup* de flux et de reflux qui reviennent à des époques fixes suivant le cours de la lune. » L'auteur avait sans doute quelque connaissance très-vague des observations de Pythéas, dont la conclusion était que les marées se règlent sur les phases de la lune (2). Le navigateur marseillais avait donc quelque notion de la *période mensuelle*, et il est bien probable qu'à plus forte raison il connaissait avec plus ou moins d'exactitude la *période diurne*, c'est-à-dire le rapport, constant pour chaque lieu, entre les heures des marées et les heures des passages de la lune au méridien. Le témoignage du poète Silius Italicus (3) ne suffit pas pour nous autoriser à affirmer qu'Archimède *connut les lois du flux et du reflux de l'Océan*. Mais nous savons positivement qu'une notion approximative de la période diurne s'est formée et transmise dans l'école stoïcienne (4).

(1) Ch. IV, p. 396 *a* d'Aristote (Berlin).

(2) Voyez Stobée, Appendice, t. IV, p. 437 (Gaisford), et le faux Plutarque, III, 17.

(3) XIV, 349.

(4) Voyez Cicéron, *Nat. Deor.*, II, 7; Philostrate, *Vie d'Apollonius*, V, 2; Pomponius Mela, III, 1, l. 20-25, p. 243-244 (Leyde, 1748, in-8°); Solin, c. 23, p. 32-33 (1689, in-fol.). Comparez Isidore de Séville, *De nat. rer.*, c. 40, p. 68-69 (G. Bekker).

Cette notion n'a pas été étrangère non plus à l'astronome Séleucus de Babylone (1), qui cependant niait que le phénomène s'étendît uniformément à tout l'Océan (2), et qui de plus soutenait que, dans un même lieu, la périodicité n'était régulière que lorsque la lune se trouvait dans le voisinage de son passage à l'équateur céleste (3). Ce sont là deux opinions erronées, mais qui prouvent, de la part de Séleucus, une observation attentive et l'amour de l'exactitude; car la première erreur a sans doute pour cause la différence des *heures de port*, dont il sera bientôt question; et, quant au second point, Séleucus a eu tort, il est vrai, s'il a prétendu nier que dans un même lieu il y eût un rapport constant, ou sujet à de petites variations (4), entre les heures du flux et du reflux et celles des passages de la lune *au méridien;* mais sa remarque est juste comme objection contre les auteurs que nous allons citer et qui voulaient établir, pour nos latitudes, un rapport constant entre les heures des marées et les heures des passages de la lune *à l'horizon.* En effet, pour les lieux de la terre situés loin de l'équateur, c'est seulement lorsque la lune est à l'équateur céleste que ses deux passages à l'horizon et ses deux passages au méridien, l'un au-dessus, l'autre au-dessous de l'horizon, se font à quatre intervalles de temps égaux entr'eux.

(1) Voyez Stobée, Appendice, t. IV, p. 437-438 (Gaisford), et le faux Plutarque, III, 17. Sur Séleucus, voyez ci-après, § 22.

(2) Voyez ci-dessus, § 2.

(3) Voyez Strabon, III, 5, § 9, p. 174. (Cas.)

(4) Voyez plus loin, § 11.

Les instants des deux passages quotidiens de la lune à un méridien sont les mêmes pour tous les lieux situés sous ce méridien et par conséquent à la même longitude ; tandis que, pour ces mêmes lieux éloignés de l'équateur, les instants des passages de la lune à l'horizon varient notablement d'après les latitudes de ces lieux, en raison des déclinaisons de la lune, quand elle est à une distance notable de l'équateur. Or, bien que les heures des deux commencements quotidiens du flux se ressentent un peu de cette variation (1), ces heures n'éprouvent pas une variation égale à celle des heures des passages de la lune à l'horizon, et par conséquent les intervalles entre ces dernières heures et celles des deux commencements quotidiens du flux sont variables pour un même lieu, suivant les déclinaisons de la lune. Si c'est là tout ce que Séleucus a voulu dire, il n'a voulu dire qu'une chose parfaitement juste ; seulement il ne s'est pas assez expliqué, si toutefois sa pensée a été fidèlement reproduite par Strabon.

Le mathématicien Ératosthène (2) veut que le flux commence toujours au lever de la lune, qu'il finisse à la culmination supérieure de cet astre ; que le reflux dure toujours jusqu'au coucher de la lune ; qu'un nouveau flux lui succède et dure jusqu'au passage inférieur de la lune au méridien, et qu'il soit suivi d'un nouveau reflux jusqu'au lever de la lune. Cette

(1) Voyez plus loin, § 13.

(2) Dans Strabon, I, 3, § 11, p. 54-55 (Cas.). Voyez aussi Ptolémée, *Quadripartitum*, I, 2, f. 1, v°, l. 14-15 (Nüremberg, 1535, in-4°), et la paraphrase de Proclus, I, 2, p. 4 (Leyde, 1635, in-18).

manière de formuler la période diurne des marées a deux torts, dont le second tombe sous le coup de l'objection de Séleucus. Car, d'une part, il y a pour les deux *hautes mers* quotidiennes une postériorité, constante pour chaque lieu et variable d'un lieu à un autre, par rapport aux deux passages quotidiens de la lune au méridien; d'autre part, comme Séleucus l'avait vu, l'écart entre le temps des deux *basses mers* quotidiennes et le temps des deux passages de la lune à l'horizon est variable pour un même lieu, quand la lune n'est pas à l'équateur.

Le stoïcien Posidonius (1) conçoit la période diurne des marées comme Ératosthène, avec cette différence que, suivant lui, la mer reste stationnaire au lever de la lune et à son coucher, tant qu'elle n'est au-dessus ou au-dessous de l'horizon que d'une quantité inférieure à un signe du zodiaque. Ainsi, de même qu'Ératosthène, Posidonius n'a tenu compte ni du retard, normal en pleine mer, de la fin du flux après le passage de la lune au méridien, ni de la différence considérable des *heures de port*, ni des variations causées par les déclinaisons de la lune, pour l'écart entre le temps de la *basse mer* et celui du passage de la lune à l'horizon.

Cependant, Priscien de Lydie (2), habitué à suivre Posidonius, dit que le *maximum* de la hauteur de la mer a lieu un peu après le passage de la lune au méridien. C'est peut-être là un détail que Strabon a négligé de nous faire connaître dans le système de Posidonius.

(1) Dans Strabon, III, 5, § 8, p. 173 (Cas.).
(2) *Solutiones ad Chosroem*, q. VI, p. 571 (Didot).

Pline (1) dit qu'il y a, dans l'espace d'un jour et d'une nuit, deux flux et deux reflux, dont chacun dure six *heures équinoxiales* (2). Mais ce n'est là qu'un *à peu près;* car il sait, comme Ératosthène et Posidonius, que l'heure des marées retarde chaque jour, de même que l'heure des passages de la lune au méridien (3). Mais, de plus, il admet expressément que les deux *maxima* des hauteurs de la mer ont lieu deux heures après chacune des deux culminations inférieure et supérieure de la lune, et les deux *minima* deux heures après chacun des deux passages de la lune à l'horizon (4). Dans les mers libres, ces résultats s'écartent peu de la vérité en ce qui concerne les *maxima* diurnes. Quant aux *minima* diurnes, Pline a oublié, comme Ératosthène et Posidonius, que les intervalles de temps qui séparent le lever de la lune de son coucher et son coucher de son lever sont variables, et qu'ils sont chaque jour inégaux entre eux, excepté quand la lune se trouve à l'équateur céleste. Pour les *maxima* et les *minima* diurnes, il n'a rien dit de la différence des *heures de port*. Nous ignorons à quel auteur le compilateur Pline avait emprunté ces déterminations, si exactes

(1) II, 97, s. 99, n°s 212 et 213. Suivant le faux saint Augustin (*De mir. sacr. Script.*, I, 7), le temps du flux est plus long pendant la partie croissante de la période semi-mensuelle des marées.

(2) C'est-à-dire six heures comme les nôtres. Quant aux heures *temporaires* (καιρικαί) des anciens, leur longueur variait suivant les saisons, parce qu'elles étaient des douzièmes, les unes du jour, les autres de la nuit.

(3) Voyez Pline, II, 97, s. 99, n° 213.

(4) Id., II, 97, s. 99, n° 216.

à cela près. Si c'était à Posidonius, Strabon lui aurait fait tort par la manière incomplète dont il les aurait reproduites. Mais le guide de Pline a peut-être été ici Varron, cité par lui dans le Ier livre, en tête do la liste des auteurs latins qu'il a suivis dans le IIe livre. Quoi qu'il en soit, ces déterminations, telles que Pline les donne, supposaient des observations bien conduites, si toutefois elles ne devaient pas être attribuées en partie aux chances d'une approximation heureuse. Nous verrons bientôt (§ 10) que la considération des *heures de port* paraît avoir été négligée par ceux des anciens qui se sont occupés de la théorie des marées, et cette négligence devait tendre à fausser les conséquences générales qu'ils tiraient d'observations locales. Pourtant, en somme, dans aucun autre auteur ancien, nous ne trouvons rien d'aussi approchant de la vérité sur la période diurne des marées que dans Pline.

L'ignoranco de plusieurs auteurs postérieurs sur cette période se trahit, comme nous le verrons (1), par leurs hypothèses sur la cause du phénomène. Ausone (2) se borne à dire quo le flux et le reflux durent chacun six heures. Saint Jérôme (3) parle de la période diurne, mais sans en signaler le rapport avec le cours de la lune : suivant lui, le retard journalier des marées est des trois quarts d'une heure équinoxiale, le flux dure cinq heures et le reflux sept heures. Tout cela manque d'exactitude, mais sans

(1) §§ 17, 20, 21 et 22.

(2) Ep. XVIII, *Ad Ursulum*, v. 14.

(3) *In Job*, XXXVIII, 16, t. VII, fol. 98 IK (Paris, 1546, in-fol.).

s'écarter très-loin de la vérité ; au contraire, le byzantin Procope (1) se trompe grossièrement, lorsque, parlant des marées de l'Adriatique, il dit que la haute mer a toujours lieu le matin, et la basse mer le soir.

§ 9. *Identité d'heure et différence de temps pour les marées suivant les longitudes.*

Les pays situés à des longitudes différentes, n'ayant pas simultanément les mêmes positions du soleil par rapport à leurs méridiens respectifs, n'ont pas en même *temps* les mêmes *heures* du jour et de la nuit. Par conséquent, un phénomène qui se reproduirait *en même temps* sous deux méridiens y aurait lieu *à des heures différentes*, et un phénomène qui se produit *à la même heure* sous deux méridiens n'y a pas lieu *en même temps*. Or, en vertu de la rotation uniforme du globe terrestre, le passage successif de la lune à tous les méridiens en un peu plus de 24 heures, a lieu *à la même heure* pour chacun d'eux, sauf une petite différence causée par le changement d'élongation de la lune entre les instants de ses passages à deux méridiens. Les marées, se réglant sur les positions de la lune par rapport aux divers méridiens, doivent donc n'avoir pas lieu *en même temps* dans les pays situés à des longitudes différentes, et cependant avoir lieu à peu près *aux mêmes heures* pour ces lieux divers, sauf les différences locales qui constituent les *heures de port*, différences qui sont nulles en pleine mer.

(1) *Guerre des Goths*, I, 1, p. 9 (Dindorf).

Ces notions sont bien élémentaires. Nous les rappelons ici, pour montrer que des auteurs anciens les ont méconnues.

Par exemple, Pomponius Mela (1) suppose que la mer hausse *simultanément* sur tous ses rivages, et qu'elle baisse *simultanément* sur tous. Cependant il reconnaît expressément que les heures des marées dépendent de celles du lever et du coucher de la lune (2). Son erreur résulte donc d'une distraction étrange, si elle ne prouve pas une ignorance grossière des premiers éléments de l'astronomie pratique. Philippe (3), cité par Bède (4), nous apprend aussi que, suivant quelques auteurs anciens, la mer haussait simultanément et baissait simultanément sur tous les rivages du globe terrestre. Une conclusion bizarre de cette erreur se trouve formulée par le platonicien Lamprias, personnage d'un dialogue de Plutarque (5): Lamprias dit que le flux est une augmentation, et le reflux une diminution de la masse totale de l'Océan. Saint Jérôme (6) et le faux saint Augustin (7) s'in-

(1) III, 1, l. 1-13, p. 241-243 (Leyde, 1748, in-8°).

(2) Même passage, l. 21-25, p. 243-244.

(3) Peut-être l'astronome Philippe de Medma, disciple de Platon et auteur d'une démonstration de la forme de la lune (Voyez Plutarque, *Non posse suaviter vivi secundum Epicurum*, ch. XI, p. 1093 F), ou bien Philippe de Chalcis, ou Philippe de Théangèle, historiens d'Alexandre.

(4) *De ratione temporum*, ch. XXVII, t. II, p. 58 (Cologne, 1612, in-folio).

(5) *De facie in orbe lunæ*, ch. XXIV-XXV.

(6) *In Job*, XXXVIII, 16, t. 7, f. 98 IK (Paris, 1546, in-fol.).

(7) *De mir. sacr. Script.*, I, 7 (Op. S. Aug., t. III, App., p. 7, Bened.).

quiètent de savoir ce que deviennent les eaux de l'Océan pendant le reflux. Pomponius Mela (1) suppose qu'elles peuvent rentrer alors dans des cavernes souterraines et en sortir par le reflux. Rutilius (2) paraît croire que l'Océan se retire des rivages d'un continent austral, quand il hausse sur les nôtres.

Pline remarque avec vérité que les *temps* des marées doivent être différents suivant les lieux, puisque les *temps* des levers et des couchers de la lune sont de même différents suivant les longitudes (3). Ainsi, sauf la différence des heures de port, différence qui n'existe pas en pleine mer, on peut dire que, quand la mer est haute en un lieu, elle est basse dans les lieux situés à 90° de longitude du premier. Au VIII[e] siècle, le moine anglo-saxon Bède (4) déclare fort bien que, lorsque le flux a lieu en un point des mers, le reflux a lieu en un autre, et qu'ainsi les marées ne sont qu'un petit *déplacement* des eaux sur la surface du globe (5). De même, un auteur chinois du XII[e] siècle (6) dit fort bien que, soit que la marée monte ou qu'elle descende, les eaux de la mer n'augmentent ni ne diminuent, mais qu'elles ne font que suivre le

(1) III, 1, l. 15-21, p. 243.

(2) *Itinerarium*, I, 643.

(3) Voyez Pline, II, 97, s. 99, n° 218 : *Propter dispares siderum in quoque tractu exortus.*

(4) *De rat. temp.*, chap. XXVII.

(5) Pourtant, dans un autre ouvrage (*Élem. philos.*, lib. III, Op. t. II, p. 222-223, Cologne), Bède paraît se ranger à l'opinion énoncée par Pomponius Mela.

(6) Dans Klaproth, *Lettre sur l'invention de la boussole*, p. 126-127.

mouvement diurne de la lune combiné avec son mouvement mensuel ; seulement il explique mal ce mouvement des eaux, en disant que par le reflux les eaux s'en vont au nord quand la lune est à sa culmination supérieure, et au sud quand elle est à sa culmination inférieure.

§ 10. *Heures de port, négligées par les anciens.*

A la question sur laquelle nous venons d'exposer les opinions des anciens, se rattache une autre question, qui vient en préciser et en restreindre la solution générale, et que plusieurs fois nous avons dû faire intervenir d'avance dans notre critique des assertions antiques sur la période diurne des marées. Le rapport est-il le même, en tous lieux, entre les heures des marées et celles des passages de la lune au méridien ? Ératosthène, Posidonius et Pline paraissent supposer qu'il en est ainsi, puisqu'ils assignent à la haute mer et à la basse mer un rapport constant avec la position de la lune au-dessus et au-dessous de l'horizon, sans que rien indique qu'ils aient admis des différences locales (1). Pline (2) nous dit bien que les marées diffèrent suivant les pays, quant au *temps* précis où elles ont lieu, et non quant à leur périodicité régulière *(tempore, non ratione, discordes)*; mais, ainsi que nous l'avons vu (§ 9), la cause qu'il donne de cette différence, c'est que la lune, comme les autres astres, ne se lève pas *en même temps* pour tous les pays (*propter dispares siderum in quoque tractu*

(1) Voyez plus haut, § 8.
(2) II, 97, s. 99, n° 218.

exortus) : il cite pour exemple les marées des Syrtes, dont la longitude diffère, en effet, notablement de celle des rivages de l'océan Atlantique près de Gadès. Or, nous avons montré (§ 9) que les différences de longitude terrestre changent le *temps* des marées et des passages de la lune au méridien, sans en changer l'*heure*, et que les différences de latitude sous un même méridien changent un peu les heures des levers et des couchers de la lune, quand cet astre n'est pas à l'équateur céleste, sans changer dans une proportion aussi forte les heures des deux commencements quotidiens du flux de la mer.

Mais voici ce que Pline paraît avoir ignoré, aussi bien qu'Ératosthène et Posidonius. En des ports dont les différences de longitude sont assez petites pour que les heures du jour et de la nuit, et par conséquent les positions de la lune par rapport au méridien, y soient sensiblement les mêmes en un même moment donné, les *heures* des marées peuvent cependant être très-différentes, surtout si l'un de ces ports est sur une mer libre et si l'autre est au fond d'un golfe dont l'ouverture étroite soit tournée vers le nord, vers le midi ou vers l'ouest, et même en dehors de ces conditions, si aux abords de l'un de ces ports les fonds présentent à la marée montante une résistance extraordinaire ; car il faut alors un temps considérable pour que la marée se propage de la pleine mer au dernier port.

Le tacticien romain Végèce (1) semble avoir fait allusion à ces différences locales, si importantes à

(1) *Stratag.*, V, 12.

connaître, et que les anciens n'ont pas pu négliger entièrement dans la pratique, lorsque leur marine, soit militaire, soit marchande, a abordé la navigation le long des côtes de l'Océan. Mais il paraît que les philosophes et les géographes avaient omis de s'occuper de ces différences entre les heures des marées suivant les lieux. Du moins, dans les écrits qui nous restent des anciens, nous ne trouvons rien qui se rapporte à l'observation des *heures de port*, si ce n'est l'allusion peu claire de Végèce, les doutes vagues d'Hipparque, de Séleucus et de quelques autres sur l'uniformité du phénomène dans l'Océan (1), et peut-être cette expression de Strabon (2), que la manière dont s'opèrent ces élévations et ces abaissements périodiques du niveau de la mer est la même partout, ou *légèrement différente* (οὐ πολὺ παραλλάττων) suivant les lieux. Mais, pour certains lieux, la différence des heures de port est considérable.

§ 11. *Autres modifications de la période diurne, non remarquées par les anciens.*

En outre, pour un même lieu, il y a, dans le rapport des heures des marées avec les heures des passages de la lune au méridien, une variation, dont la période est du quart d'un mois synodique, et qui résulte de la combinaison de la marée solaire avec la la marée lunaire. Il y a, de plus, quelques autres variations d'heures, variations toujours très-légères,

(1) Voyez plus haut, § 2.
(2) I, 1, § 8, p. 5 Cas).

mais plus ou moins marquées suivant la latitude du lieu, et qui dépendent soit des déclinaisons de la lune et dn soleil, soit snrtout de la variation de la distance de la lune à la terre, et par conséquent du rapport d'intensité entre la marée lunaire et la marée solaire (1). Aucune de ces petites variations d'heures, aujourd'hui sonmises au calcul, n'a été connue des anciens.

§ 12. *Période mensuelle des marées. — Influence des syzygies et des quadratures sur l'intensité des marées.*

Puisque l'heure des marées se règle, à très-peu de chose près, sur les passages de la lune au méridien, il en résulte évidemment que chaque demi-lunaison doit ramener à peu près les mêmes heures des marées et que, pendant cet intervalle de temps, la marée du matin doit retarder de manière à devenir peu à peu marée du soir, et la marée du soir de manière à devenir marée du matin. Mais il y a une autre observation importante à faire sur les rapports des marées avec la lunaison : c'est que leur intensité subit une variation régulière qui accomplit deux fois sa période en un mois synodique. C'est cette variation d'intensité qui constitue la *période mensuelle* ou plutôt *semi-mensuelle* des marées.

Pythéas de Marseille, au IVe siècle avant notre ère, savait déjà qu'il existe un rapport entre les

(1) Voyez La Lande, *Du flux et du reflux de la mer* (1781, in-4°), et Laplace, *Mécanique céleste*, 1re partie, IV, 1-4, t. II, p. 198-338, et XIII, 1-6, t. V, p. 175-288 (Paris, 1825, in-4°).

marées et les phases de la lune (1) ; mais nous ignorons comment il avait défini ce rapport. L'astronome Ptolémée (2) dit vaguement que les marées se règlent sur les positions de la lune par rapport au soleil. Suivant Posidonius, que Strabon (3) cite en l'approuvant, les marées les plus fortes ont lieu à la *conjonction ;* puis elles vont en diminuant de nouveau jusqu'au *premier quartier ;* ensuite elles augmentent jusqu'à l'*opposition ;* puis elles diminuent de nouveau jusqu'au *dernier quartier ;* enfin une nouvelle augmentation commence pour durer jusqu'à la *conjonction.* Strabon ajoute que *les augmentations l'emportent en durée et en vitesse.* Cette dernière proposition, qu'il ne faut peut-être pas attribuer à Posidonius et qui vient peut-être de quelque malentendu de Strabon, son interprète, est d'une fausseté évidente ; car, si elle était vraie, il y aurait de mois en mois pour les marées une augmentation définitive et sans limites. Nicomaque de Gérase (4) place, comme Posidonius, les deux *maxima* aux jours mêmes de la nouvelle lune et de la pleine lune, et les *minima* aux deux quartiers. L'auteur du *Périple de la mer Erythrée* (5) dit que les marées des rivages de l'Inde sont très-fortes aux *syzygies* et

(1) Voyez ci-dessus, § 8.

(2) *Quadripartitum*, II, 12, f. 25 v°, l. 19-20 (Nüremberg, 1535, in-4°).

(3) III, 5, § 8, p. 174. Comparez I, 1, § 9, p. 6, et I, 3, § 12, p. 55 (Cas.). Voyez aussi Priscien, *Solutiones ad Chosroëm*, p. 571 (Didot).

(4) Dans les *Theolog. Arithm.*, p. 45 (Ast).

(5) P. 168-169 (Blancard).

surtout à la nouvelle lune, et que les marées de nuit sont plus fortes que les marées de jour.

Chez les Romains, César et ses soldats, dans les Gaules, quoique déjà familiarisés avec le flux et le reflux de l'Océan (1), ignoraient encore que les marées fussent plus fortes *à l'époque de la pleine lune*, et César lui-même (2) raconte quels malheurs résultèrent de cette ignorance pour lui et pour ses troupes. Le savant Varron, dans son traité *de Æstuariis*, avait parlé de la *période mensuelle;* mais nous ignorons en quels termes (3). Pline (4) corrige, peut-être d'après Varron, l'indication de Posidonius et de Nicomaque, en ajoutant avec raison que les deux *maxima* ont lieu non pas précisément à la nouvelle lune et à la pleine lune, mais un peu après. Macrobe (5), au contraire, suppose la coïncidence parfaite des *maxima* et des *minima* des marées avec les quatre principales phases de la lune, et, comme le nombre *sept* est sacré, il admet, avec Pline (6), que chaque période de croissance et de décroissance est de sept jours. Mais, en réalité, il faut ajouter plus de neuf heures à chacune de ces quatre périodes partielles, puisque la période mensuelle des marées se règle sur le mois synodique, qui est de 29 jours, 12 heures et plus de

(1) Voyez César, *Bell. gall.*, III, 9, 12 et 13.

(2) *Bell. gall.*, IV, 29.

(3) Voyez Varron, *Ling. lat.*, IX, 26, p. 148 (Egger).

(4) II, 97, s. 99, n°s 215-216.

(5) *In Somn. Scip.*, I, 6, n° 61, t. I, p. 49 (Janus). Comparez n°s 53-58, p. 43.

(6) II, 97, s. 99, n° 215.

44 minutes. Solin (1) dit vaguement que la *morte eau* (*macies aquarum*) et l'époque des fortes marées (*plenitudo aquarum*) se règlent sur les phases de la lune.

Saint Ambroise (2) dit qu'à la nouvelle lune les marées de l'Océan sont beaucoup plus fortes qu'à l'ordinaire. Il ne paraît pas savoir que les marées de la pleine lune ne sont pas moins fortes. Sénèque (3) a l'air de ne pas le savoir davantage, puisqu'il ne cite non plus que la conjonction. Saint Eustathe d'Antioche (4) paraît même supposer que c'est à la nouvelle lune seulement qu'il y a des marées dans l'Océan. Le byzantin Procope (5), parlant des marées de l'Adriatique, dit qu'elles sont fortes depuis la pleine lune jusqu'au quartier suivant.

D'autres auteurs savent qu'il y a des marées tous les jours du mois lunaire ; mais ils se trompent en croyant qu'il n'y a par mois, pour les marées, qu'une seule période de croissance et de décroissance. Ainsi, Philostrate (6) dit que *les marées augmentent et diminuent avec la partie brillante du disque de la lune*, et cette erreur du sophiste grec se retrouve mot pour mot dans un extrait du *We-li-lun*, ouvrage chinois antérieur à la fin du IXe siècle (7). Telle est aussi la

(1) *Polyhistor*, c. 23, p. 33 A (1689, in-fol.).

(2) *In Hexaëm.*, IV, 7.

(3) *Nat. Quæst.*, III, 28, § 6.

(4) *In Hexaëm.* (t. XXVII, p. 28 C., *Bibl. max. Patr.*)

(5) *Guerre des Goths*, I, 1, p. 9 (Dindorf).

(6) *Vie d'Apollonius*, V, 2, fin.

(7) Voyez Klaproth, *Lettre sur l'invention de la boussole*, p. 126.

pensée de saint Anastase-le-Sinaïte (1), lorsqu'il dit que *les eaux de la mer croissent comme le corps de la lune*. En vertu de ce faux principe, le platonicien Favorinus d'Arles (2), saint Augustin (3) et d'autres auteurs (4) s'imaginent que le *maximum* mensuel des marées est à la pleine lune, et le *minimum* à la nouvelle lune.

Deux écrivains du moyen-âge, le faux saint Augustin (5) et Bède (6), connaissent mieux la période mensuelle des marées; ils nomment *malina* la période croissante et *ledo* la période décroissante (7), et ils

(1) *Anag. contempl. in Hexaëm.*, IV (*Bibl. max. Patr.*, t. IX, p. 875 A).

(2) Dans Aulus Gellius, XIV, 1, § 3.

(3) *De Civ. Dei*, V, 6.

(4) Voyez, par exemple, le traité *De imagine mundi*, I, 40 (*Bibl. max. Patr.*, t. XX, p. 972 B). Comparez Eusèbe de Césarée, *Sur la Pâque* (dans Mai, *Script. vet. nov. coll.*, t. I, p. 249), et Isidore de Séville, *De rer. nat.*, c. 40, p. 69, l. 5-9 (G. Becker).

(5) *De mir. sacr. Script.*, I, 7 (S. Aug. Op., t. III, Appendix, p. 7, Bened.).

(6) *De rat. temp.*, c. 27, t. II, p. 58. Comparez *De rer. nat.*, c. 39, t. II, p. 34, et *De mundi constit.*, t. I, p. 325 (Cologne). Ces deux derniers ouvrages ne sont pas de Bède. Le second est probablement d'un certain Jacob. Voyez Baluze, *Miscell.*, t. I, Appendix, p. 423 et 602 (éd. Mansi).

(7) Les mots *ledo* (ou *liduna*) et *malina* se trouvent aussi dans Marcellus Emp., *De medicam*, c. 16, f. 110 v° et f. 121 v° en deux endroits (*Coll. medic.* H. Stephani), dans deux auteurs du moyen-âge cités par les Bénédictins (*Ad Pseudo-Augustinum*, l. c.), dans un fragment ancien en tête de la *Loi salique*, cité par Saumaise (*Exerc.*, *Plin. in Solin.*, p. 204), dans l'ouvrage inédit du moyen-âge, *Liber valde pulcher et utilis* (ms. lat. 21083 de la Biblioth. imp.), et dans Guillaume de Malmesbury, *De gest. angl. reg.*, II,

disent, avec raison, qu'il y a deux *ledo* et deux *malina* par mois lunaire. Suivant le premier de ces deux auteurs, la période croissante commencerait trois jours et demi avant la nouvelle lune et avant la pleine lune, et cesserait trois jours et demi après ces deux syzygies : ce qui revient à fixer les *maxima* des marées trois jours et demi après les deux syzygies et les *minima* trois jours et demi après les deux quadratures, tandis qu'en réalité le retard n'est que d'un jour et demi (1).

Suivant Bède (2), le reflux est proportionnel au flux : observation vraie, que nous ne croyons pas avoir trouvée expressément formulée dans aucun écrivain antérieur.

§ 13. *Influence du périgée, de l'apogée et des déclinaisons de la lune sur l'intensité des marées.*

Quelques circonstances du mouvement propre de la lune modifient la période mensuelle.

1° Toutes choses égales d'ailleurs, les marées sont plus fortes quand la lune est à son périgée que lorsqu'elle est à son apogée : la *marée lunaire*, c'est-à-dire

ann. 979. Comparez Olaüs Worm, *Hist. du Danemarck*, II, 11, G. J. Vossius, *Orig. et progr. idol.*, II, 69, p. 670, et Rivinus (Bachmann), *De Venilia et Salacia*, Diss. I, qui croient que ces mots sont d'origine saxonne. Mais où Marcellus de Bordeaux, médecin de Théodose-le-Grand, aurait-il pris des mots saxons ? Il y a des mots celtiques dans ses écrits.

(1) Voyez Laplace, *Mécan. cél.*, XIII, 1, t. 5, p. 159 (1825, in-4°).

(2) *De rat. temp.*, c. 27.

la marée en tant que causée par la lune seule, augmente comme le cube du diamètre apparent de l'astre. Or, le *mois anomalistique*, intervalle de deux passages consécutifs de la lune au périgée ou à l'apogée, étant plus long de 5 heures et 35 minutes que le mois sidéral, à cause de la *révolution des apsides* de la lune en 3232 jours, 11 heures et 12 minutes, est plus court de 1 jour, 23 heures et 25 minutes que le mois synodique. Il résulte de cette dernière différence que le périgée et l'apogée coïncident successivement avec toutes les phases. La marée est très-forte, quand le périgée se rencontre avec une syzygie ; elle est très-faible, quand l'apogée se rencontre avec une quadrature.

2° Comme l'action de la lune doit être, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant plus faible qu'elle s'exerce plus obliquement, d'autant plus forte qu'elle est plus près d'être verticale, il en résulte évidemment que, *sous l'équateur*, les marées doivent avoir, toutes choses égales d'ailleurs, un *maximum* à chaque passage de la lune à l'équateur céleste, un *minimum* à chacune de ses déclinaisons extrêmes, tant australe que boréale : *sous l'équateur*, la marée doit diminuer comme le carré du cosinus de la déclinaison de la lune ; mais les *minima* résultant de cette cause ne sont pas, à beaucoup près, les mêmes pour toutes les révolutions sidérales de la lune, parce que ses déclinaisons extrêmes varient depuis 17 degrés jusqu'à 29, en vertu de la *révolution des nœuds*, dont la demi-période est d'environ 9 ans et 3 dixièmes. Du reste, il semble, au premier coup-d'œil, que l'influence de la déclinaison lunaire doit avoir des résultats très-

différents suivant les latitudes terrestres. En effet, pour les ports très-éloignés de l'équateur, par exemple pour ceux de nos côtes, il doit y avoir entre les deux marées de chaque jour quelque inégalité de durée et d'intensité, quand la lune n'est pas à l'équateur céleste (1) ; mais cette différence n'est pas très-sensible. Cependant, en considérant l'obliquité plus ou moins grande de l'action de la lune, on serait d'abord tenté de croire que, dans les lieux situés entre le tropique du cancer et le pôle boréal, il devrait y avoir, pour les marées produites par les culminations supérieures de la lune, un *maximum* à l'époque de son extrême déclinaison boréale, et un *minimum* à l'époque de son extrême déclinaison australe; et au contraire, pour les marées produites par les passages inférieurs de la lune au méridien, un *maximum* à l'époque de son extrême déclinaison australe, et un *minimum* à l'époque de son extrême déclinaison boréale. Mais, dans ces oscillations quotidiennes du niveau des mers, une égalité approximative s'établit entre les deux marées consécutives, et leur valeur, qui tient le milieu entre les deux valeurs extrêmes données par la considération de chacune d'elles prise à part, doit être inférieure à la valeur des marées que la lune produit quand elle est à l'équateur céleste. Cependant cette influence, en ce qui concerne les rivages occidentaux de l'Europe, est difficile à estimer théoriquement, et elle n'est pas très-sensible en réalité. Celle du périgée et de l'apogée de la lune est évidente, notable et universelle.

(1) Voyez ci-dessus, § 11.

Cela posé, voyons si les anciens ont eu quelque idée de l'influence du périgée, de l'apogée et des déclinaisons de la lune sur l'intensité des marées.

Quelque notion de cette influence semble impliquée par cette phrase, d'ailleurs très-inexacte, de Pline (1) : « Quand la lune est *au nord et plus éloignée de la terre*, les marées sont plus faibles que lorsque, *s'en étant allée vers le midi*, elle exerce *de plus près* son influence. » Cette phrase complexe peut se décomposer en deux propositions, dont la première est vraie, mais dont la seconde implique une erreur énorme : 1° les marées sont plus fortes quand la lune est à son périgée, que quand elle est à son apogée ; 2° le périgée de la lune coïncide toujours avec son extrême déclinaison australe, et son apogée avec son extrême déclinaison boréale. Pline a peut-être mal compris, comme cela lui arrive si souvent, l'auteur qu'il a voulu suivre. Quoi qu'il en soit, sa proposition erronée montre bien ce que nous savons d'ailleurs, c'est-à-dire qu'il ignore la révolution des apsides de l'orbite lunaire (2), révolution qui s'accomplit en moins de neuf ans, et en vertu de laquelle, par conséquent, en moins de quatre ans et demi, le périgée de la lune prend la place de l'apogée. Il est, d'ailleurs, possible que ce mauvais disciple des astronomes grecs, oubliant sa leçon mal apprise, raisonne ici comme si la terre of-

(1) II, 97, s. 99, n° 215.

(2) En effet, dans sa théorie de la lune (II, 16, s. 13, n° 65), Pline a confondu avec l'apogée mobile de la lune l'*exaltation astrologique* de cet astre, exaltation invariablement fixée par la superstition dans le signe du Taureau.

frait une surface plane, sur laquelle la voûte du ciel reposerait, et comme si la lune était d'autant plus près de la terre qu'elle s'élève moins sur notre horizon, et elle s'élève d'autant moins que sa déclinaison est plus australe.

Au contraire, dans le traité *De mundi constitutione* (1), ouvrage faussement attribué à Bède, on lit que les marées sont d'autant plus fortes que la lune est plus vers le nord, et d'autant plus faibles qu'elle est plus vers le midi. Cette opinion, diamétralement opposée à celle de Pline, a du moins, comme nous l'avons vu, quelque vraisemblance théorique en ce qui concerne les marées produites par les culminations supérieures de la lune dans nos climats. Mais, comme nous l'avons vu aussi, ce serait l'inverse pour les marées produites par les culminations inférieures, et une compensation s'établit.

Suivant le traité *De imagine mundi* (2), autre œuvre du moyen-âge, les marées sont plus fortes *quand la lune est à l'équinoxe, que lorsqu'elle est aux solstices.* Si cette phrase ne désigne pas en termes obscurs et inexacts, mais avec vérité au fond, la *période annuelle*, dont nous parlerons tout à l'heure, elle peut signifier qu'il y a deux *maxima* des marées aux deux passages de la lune à l'équateur céleste, passages que l'auteur appellerait *équinoxes lunaires*, comme les deux passages du soleil à l'équateur sont les deux *équinoxes solaires*; et qu'il y a deux *minima* aux deux déclinaisons extrêmes de la lune, déclinaisons que l'auteur

(1) Cap. *Exustiones*, t. I, p. 325 (Cologne).

(2) I, 40 (*Bibl. max. Patr.*, t. XX. p. 972 B).

appellerait, par catachrèse, *solstices lunaires*. D'après ce que nous avons vu, cette proposition ainsi comprise serait vraie pour les mers équatoriales, et même un peu pour les nôtres.

La petite inégalité des deux marées diurnes dans les déclinaisons extrêmes de la lune n'a peut-être pas échappé entièrement à Bède (1), qui seulement ne s'en rendrait pas bien compte, lorsqu'il dit que, si la période croissante des marées commence par une marée du matin, la marée du matin sera la plus forte pendant toute cette période, et que ce sera l'inverse si la période croissante commence par une marée du soir.

§ 14. *Période annuelle des marées. Influence du périhélie et de l'aphélie de la terre et des déclinaisons du soleil sur l'intensité des marées.*

Puisque dans les syzygies l'attraction du soleil sur les mers concourt avec l'attraction de la lune, tandis que dans les quadratures elle la combat, il en résulte que le périhélie de la terre augmente les marées des syzygies et diminue celles des quadratures, tandis que l'aphélie augmente les marées des quadratures et diminue celle des syzygies, et cela pour toutes les latitudes terrestres. Or, le périhélie de la terre coïncide presque avec le solstice d'hiver. Donc, les marées des syzygies devraient être partout plus fortes en hiver que dans les autres saisons, si aucune autre

(1) *De rat. temp.*, c. 27, t. II, p. 58, et *De rer. nat.*, c. 39 t. II, p. 34 (Cologne).

cause ne venait contrarier ce résultat. Mais il faut tenir compte des déclinaisons du soleil, desquelles dépend la direction de l'action solaire, plus puissante quand elle approche de la verticalité. D'après cette considération dominante, *dans les mers équatoriales*, les grandes marées des syzygies doivent être, toutes choses égales d'ailleurs, plus fortes aux équinoxes, plus faibles aux solstices, et ce doit être l'inverse pour les marées des quadratures. Quant à nos climats, il semblerait, au premier coup-d'œil, que les marées solaires produites par les passages supérieurs du soleil au méridien devraient être à leur *maximum* au solstice d'été, et qu'alors les marées solaires produites par les passages inférieurs de l'astre au méridien devraient être à leur *minimum*; que ce devrait être l'inverse au solstice d'hiver, et que par conséquent les marées des syzygies, résultant du concours de la marée lunaire et de la marée solaire, devraient avoir au solstice d'été un *maximum* pour le jour et un *minimum* pour la nuit, et au solstice d'hiver un *maximum* pour la nuit et un *minimum* pour le jour, à cause de la direction plus ou moins oblique de l'attraction exercée par le soleil sur les mers à nos latitudes. Mais ce que nous avons dit (§ 13) sur l'influence des déclinaisons de la lune s'applique également à celles du soleil : une compensation s'établit entre les deux marées solaires consécutives, et la valeur moyenne des deux marées quotidiennes solsticiales est inférieure à celle des marées équinoxiales. En outre, à cause de l'aphélie de la terre, les marées des syzygies doivent être encore un peu plus faibles vers le solstice d'été que vers le

solstice d'hiver. Voilà ce que la théorie indique et ce que l'observation paraît confirmer. En effet, la moyenne des marées d'équinoxe est légèrement supérieure à celle des marées de solstice. L'avantage paraît être surtout pour les marées de l'équinoxe d'automne; mais des circonstances météorologiques peuvent contribuer à ce résultat (1).

Si, pour les modernes, toute incertitude n'a pas encore disparu en ce qui concerne la période annuelle des marées pour nos climats, on ne s'étonnera pas de trouver chez les anciens une grande incertitude sur ce même point.

Strabon (2) nous dit qu'Athénodore et Posidonius avaient traité la question des marées dans toute son étendue. Nous avons déjà vu l'opinion de Posidonius sur la *période diurne* et la *periode mensuelle*. Quant à la *période annuelle*, il admettait l'assertion des Phéniciens de Gadès, d'après laquelle le *maximum* annuel des marées serait vers le solstice d'été, et il prenait sur lui d'en conclure qu'il devait y avoir un second *maximum* au solstice d'hiver et deux *minima* aux équinoxes (3). Mais Strabon remarque que Posidonius, qui accuse les Gaditains de s'être trompés grossièrement sur un fait quotidien et facile à observer, savoir, sur la crue et la baisse journalière d'une fontaine (4), a eu tort de les croire sur un phéno-

(1) Voyez La Lande, *Du flux et du reflux de la mer*, 1781, in-4° (t. IV de son *Astrom.*).

(2) I, 1, § 9, p. 6, et I, 3, § 12, p. 55 (Cas.). Comparez ci-dessus, § 7.

(3) Voyez Strabon, III, 5, §§ 8-9, p. 174-175.

(4) Voyez Strabon, III, 5, §§ 7-8, p. 172-173.

mène annuel bien plus difficile à constater (1). Posidonius lui-même, se trouvant à Gadès à l'époque du solstice d'été et de la pleine lune, n'observa rien d'extraordinaire ; seulement, à la conjonction suivante, il vit une marée très-forte à Ilipa sur le Bætis (2). Suivant le faux saint Augustin (3), comme suivant Posidonius, les *maxima* annuels des marées seraient aux solstices, et les *minima* aux équinoxes.

Varron (4), en nous apprenant que dans son traité *Des estuaires* il avait parlé de la *période diurne* et de la *période mensuelle*, semble vouloir dire qu'il y avait parlé encore d'une autre période des marées, c'est-à-dire sans doute de la *période annuelle*. Manilius (5) indique clairement qu'outre la *période diurne* il y a non-seulement une *période mensuelle*, qui dépend des phases de la lune, mais encore une *période annuelle*, qui dépend de la marche du soleil ; mais il ne définit aucune de ces périodes. Tacite (6) raconte que Vitellius, lieutenant de Germanicus, risqua d'être submergé avec deux légions par une marée d'équinoxe, à cause de l'imprévoyance de son général, et l'historien ajoute expressément que les marées des équinoxes sont les plus fortes de toutes. Sénèque (7) dit que la coïncidence de l'équinoxe avec

(1) Voyez Strabon, III, 5, § 8, p. 174.

(2) Voyez Strabon, l. c., p. 174-175.

(3) *De mir. sacr. Script.*, I, 7 (S. Aug. Op., t. III, App., p. 7, Bened.).

(4) *Ling. lat.*, IX, 26, p. 148 (Egger).

(5) *Astron.*, II, 89-92.

(6) *Ann.*, I, 70.

(7) *Nat. Quæst.*, III, 28, § 6.

une syzygie amène des marées plus fortes que toutes les autres. Pline (1) dit, avec raison, que les *maxima* annuels des marées sont aux équinoxes, surtout à celui d'automne, et les *minima* aux solstices, surtout à celui d'été, et que les *maxima* et les *minima* retardent de quelques jours sur ces quatre époques.

Ainsi, pour la période annuelle des marées, comme pour la période diurne et pour la période mensuelle, Pline est, parmi les auteurs anciens dont nous connaissons les doctrines, celui qui a le plus approché de la vérité. Mais une erreur énorme de sa part sur les positions du périgée et de l'apogée de la lune (2) est venue nous rappeler que, sur les marées comme sur les autres objets, sa science doit être empruntée; s'il l'a tirée du traité de Varron *De æstuariis*, la perte de cet ouvrage est très-regrettable.

§ 15. *Longues périodes considérées comme ramenant à peu près les mêmes marées.*

Les mêmes marées, quant aux heures et quant aux intensités, sont ramenées dans le même ordre, suivant Pline (3), par une période de huit ans. Cette assertion est répétée dans un ouvrage faussement attribué à Bède (4); mais c'est à une période de dix-neuf ans que Bède (5) assigne cette propriété. Or, si les heures

(1) II, 97, s. 99, n° 215.

(2) Voyez ci-dessus, § 13.

(3) II, 97, s. 99, n° 215.

(4) *De nat. rer.*, c. 39.

(5) *De rat. temp.*, c. 27. Comparez le traité *De imagine mundi* (*Bibl. max. Patr.*, t. XX, p. 972 b).

et les intensités des marées dépendaient exclusivement de la coïncidence des phases de la lune avec les époques de l'année solaire, Bède aurait à peu près raison, puisque le cycle lunisolaire de dix-neuf ans, imaginé par l'athénien Méton au Ve siècle avant notre ère, ramène à peu près cette coïncidence, qui n'est ramenée que d'une manière plus inexacte par l'octaétéride ou cycle lunisolaire de huit ans, autre période athénienne plus ancienne. Mais ces périodes sont toutes deux très-défectueuses pour l'usage spécial que Pline et Bède leur assignent. En effet, une période destinée à ramener pour chaque port, sauf les perturbations accidentelles, les mêmes marées dans le même ordre, aux mêmes heures et avec les mêmes intensités, devrait comprendre un nombre entier et exact de fois, non-seulement le mois synodique et l'année tropique, mais de plus le mois anomalistique et la révolution des apsides de la lune (1). Elle devrait même, pour plus d'exactitude, comprendre un nombre entier de fois le mois lunaire sidéral et la révolution des nœuds, à cause de la petite influence des déclinaisons de la lune sur l'intensité et même sur les heures des marées (2). Mais la période ainsi formée serait trop longue pour être utile. Pour la prévision exacte des heures et des intensités des marées, aucune période ne peut dispenser du calcul direct.

(1) Voyez ci-dessus, §§ 13 et 14.
(2) Voyez ci-dessus, §§ 11 et 13.

2e PARTIE.

THÉORIES.

I.

THÉORIES DES ANCIENS SUR LES MARÉES PROPREMENT DITES.

Les hypothèses des anciens sur les causes des marées sont quelquefois tellement impliquées dans l'expression de leurs opinions sur la nature, les circonstances et les lois de ce phénomène, qu'il nous a été impossible de les en séparer entièrement dans la première partie de cette Étude. Mais, si nous avions voulu réunir un exposé étendu de leurs hypothèses à celui de leurs observations et de leurs opinions sur les faits mêmes, il en serait résulté trop de confusion dans un sujet si compliqué. Maintenant que nous connaissons leurs notions plus ou moins exactes sur les faits, il nous sera plus facile de suivre l'histoire des théories qu'ils ont imaginées pour en rendre compte.

§ 16. *Scepticisme de quelques anciens sur la cause des marées.*

Parmi les auteurs anciens qui se sont occupés des marées, quelques-uns, comme Hérodote et Strabon, se sont abstenus d'en chercher la cause, ou se sont contentés, comme Pomponius Mela, d'énumérer di-

verses hypothèses, sans se prononcer eux-mêmes. Mais, non contents de suspendre leur jugement sur une question non résolue, plusieurs sont allés jusqu'à nier la possibilité de trouver à ce phénomène une explication certaine ou probable : par exemple, Cotta dans Cicéron (1), Lucain (2), Solin (3), saint Irénée (4) et saint Isidore de Séville (5).

Mais un grand nombre d'auteurs anciens ont proposé diverses hypothèses pour expliquer, soit le fait général de ce mouvement alternatif des mers, soit ses lois et ses périodes (6).

(1) *De nat. Deor.*, III, 10.

(2) I, 417-419.

(3) C. 23, p. 32-33 (1689, in-fol.).

(4) *Contre les hérésies*, II, 28 (47), n° 2, p. 156 (Massuet).

(5) *De rer. nat.*, c. 40, p. 69, l. 12-14 (G. Becker).

(6) Sur les auteurs modernes qui se sont occupés de cette question théorique, voyez Patrizzi, *Nov. de univ. philos.*, *Pancosmias* lib. XXVIII-XXIX (Ferrare, 1591, in-fol.) ; Fournier, *Hydrographia*, IX (Paris, 1643, in-fol.); Riccioli, *Almagestum novum*, lib. II, c. xv, et lib. IX, sect. 4, c. xiv, §§ 23-42, et c. xv (Bologne, 1641, in-fol.) ; Andreas Rivinus (Bachmann), *De venilia, salacia et malacia, malanis et lidunis, sive æstibus æquinoctiorum tempore contingentibus* (Leipzig, 1645, in-4°) ; Gassendi, *Epicuri philosophia, Meteor. de æstu maris*, p. 1085-1097 (Lyon, 1649, petit in-fol.) ; Morhof, *Polyhistor philos.*, lib. II, part. II, c. xx, §§ 3-4, t. 2, p. 364-367, ed. quarta (Lubeck, 1747, in-4°) ; Fabricius, *Théologie de l'eau*, III, 2, trad. fr., p. 296-306 (Paris, 1743, in-8°); La Lande, *Tr. du flux et du reflux de la mer*, dans le t. IV de son *Astronomie* (Paris, 1771-1781), et *Bibliographie astronomique* (Paris, 1803, in-4°), table alphabétique des matières par Corte, art. *Marées*, p. 949, et Montucla, *Histoire des mathématiques*, part. V, liv. VI, §§ 11 et 12, t. 4, p. 282-300 (Paris, 1802, in-4°).

§ 17. *Explications par une action mécanique exercée sur les mers.*

D'abord, on ne s'attacha qu'au fait principal des changements quotidiens du niveau de la mer, sans trop examiner les détails de ce fait, auquel on chercha une cause mécanique dans les eaux apportées par les fleuves, dans le ballottement des eaux marines entre deux rivages, dans les vents, dans les courants marins.

Nous avons nommé plus haut (§ 2) les auteurs qui considéraient les marées comme un phénomène propre à quelques localités seulement. Parmi eux, l'historien Timée attribuait les marées des côtes occidentales des Gaules aux intermittences de l'écoulement des fleuves qui descendaient, disait-il, des montagnes de ce pays (1), tandis que ces intermittences apparentes du cours des fleuves près de leurs embouchures dans l'Océan sont, au contraire, produites par les marées, qui refoulent les eaux fluviales. Pomponius Mela (2) semble tenté de partager cette erreur, quand il dit que les fleuves de la Bretagne tantôt coulent vers la mer et tantôt remontent vers leurs sources. Antigone de Caryste (3) en dit

(1) Voyez Stobée, Appendix, t. IV, p. 437 de Gaisford; le faux Plutarque, *Opinions des philosophes*, III, 17, et le faux Galien, *Hist. philos.*, ch. LXXXIII, t. IV, p. 433, l. 57-58 (éd. gr. de Bâle, in-fol.). Ce système a été renouvelé et étendu à toutes les mers par Scipion Chiaramonti, *De universo*, XIII, 22.

(2) III, 6, ligne 50, p. 277 (Leyde, 1748, in-8°).

(3) Ch. CXLVIII, p. 195 (Beckmann).

autant du Camicus, rivière de Sicile, près d'Agrigente. C'est peut-être par suite de la même erreur, que Solin (1) est tenté de considérer la grandeur des fleuves de l'Inde comme la cause de la force des marées sur les côtes de ce pays.

D'après le témoignage de Posidonius (2), Aristote expliquait les marées des rivages voisins de Gadès par l'élévation et la rudesse des côtes de la Mauritanie et de l'Espagne, entre lesquelles les flots se trouvaient ballottés (3). En effet, à propos du flux continu qu'il attribue à la Méditerranée vers l'Océan, Aristote (4) a parlé d'un ballottement (ταλάντωσις) sensible surtout dans les détroits. Suivant le commentaire d'Alexandre d'Égée (5), ce balancement, insensible en pleine mer, se fait sentir non-seulement dans les détroits, mais aussi dans des golfes où il n'y a pas de courants. Qu'est-ce donc que ce ballottement, sinon le flux et le reflux dans les golfes et les détroits de la Méditerranée? Il est possible qu'Aristote, dans quelque ouvrage aujourd'hui perdu, ait étendu la même explication aux marées observées sur d'autres rivages.

D'un autre côté, quelques auteurs (6), dont l'asser-

(1) Ch. XXIII, p. 32 G (1689, in-fol.).

(2) Dans Strabon, III, 3, § 3, p. 153 (Casaubon).

(3) Remarquez la ressemblance de cette explication avec celle de Gonzalez d'Oviédo, citée par Patrizzi (*Nov. de univ. philos.*, lib. XXVIII), et avec celle de Pic de La Mirandole (*Adv. astrol.*, III, 15).

(4) *Météor.*, II, 1, § 11.

(5) Sur ce passage, f. 92 r° (Ald. 1527, in-fol.).

(6) Voyez le faux Plutarque, III, 17; le faux Galien, p. 433, l. 53-55, et Stobée, *Ecl. phys.*, I, 41, p. 634 et 636 (Heeren).

tion est confirmée par un passage de la *Météorologie* d'Aristote (II, 8, § 7), attribuent à ce philosophe et à Héraclide de Pont l'opinion d'après laquelle les marées seraient causées par des brises alternatives, dépendantes du mouvement diurne du soleil. De plus, un passage du traité *De la génération des animaux* (1) prouve qu'Aristote associait la lune à cette action du soleil sur les vents et par eux sur le mouvement alternatif des mers. Nous avons déjà dit (§§ 2 et 8) que ces deux explications pouvaient se concilier, si Aristote considérait ces vents comme produisant le balancement de la mer entre deux rivages; mais alors, en montant sur l'un des deux rivages opposés, la mer aurait dû baisser sur l'autre.

De même, quoique Théophraste attribuât à certains astres une action sur la terre et sur la mer (2), ce philosophe supposait, comme Aristote, un rapport constant entre les vents et les marées; il prétendait (3) que le flux annonçait le vent du midi, et que le reflux annonçait le vent du nord; car, disait-il, quand le flux vient par le vent du nord, le vent tourne bientôt au midi, et quand le reflux vient par le vent du midi, le vent tourne bientôt au nord. Les auteurs d'une des hypothèses énumérées par Lucain (4) allaient jusqu'à dire que le flux était produit par le vent du nord, et que le reflux était produit

(1) IV, 10, p. 777, col. 2, l. 30-35 (Berlin).

(2) *Des causes des plantes*, II, 19 (26), § 4, t. I, p. 437 (Schneider).

(3) *Des signes de la pluie*, ch. II, § 4, t. I, p. 790 (Schneider).

(4) *Pharsale*, I, 412-413.

par la chute de ce vent (1). Ces savants n'avaient, sans doute, pas remarqué que la marée va quelquefois contre le vent.

Macrobe a, du moins, le mérite d'assigner pour cause aux marées un phénomène considéré par lui comme stable et universel ; mais ce phénomène est imaginaire. Suivant lui (2), l'Océan, s'étendant sous la zone torride, séparerait notre continent d'une grande terre australe. De cette mer équatoriale partiraient, à l'orient et à l'occident, deux courants qui se replieraient autour du continent boréal, et qui, au pôle, iraient se choquer l'un contre l'autre, tandis que deux autres courants, se repliant autour du continent austral, iraient se choquer l'un contre l'autre au pôle antarctique. De cette collision des deux courants dans chaque hémisphère, résulteraient le flux et le reflux. Cette même hypothèse se trouve plus amplement et plus clairement développée, au VII[e] siècle, par Bède (3), qui, de plus, en déduit une explication des quatre principaux vents et même des vents collatéraux. Du reste, ni Macrobe (4),

(1) Ainsi nos marées viendraient du nord, comme l'a cru faussement Bernardin de Saint-Pierre, qui, dans ses *Études de la nature* (IV[e] étude), a eu l'étrange fantaisie d'expliquer ce phénomène deux fois quotidien par la fonte des glaces polaires.

(2) *In Somn. Scip.*, II, 9, §§ 1-3, t. I, p. 171-172 (Janus).

(3) *Elem. philos.*, III, Op. t. II, p. 222-223 (Cologne, 1612, in-fol.). Cette théorie de Bède se retrouve dans Guillaume de Conches, cité par Vincent de Beauvais, *Spec. natur.*, V, 18-21, col. 318-320 (Douai, 1624, in-fol.).

(4) *In Somn. Scip.*, I, 6, § 61, t. I, p. 49 (Janus).

ni Bède (1) n'excluent une certaine action des phases de la lune sur les marées. Peut-être leur pensée est-elle que la lune agit sur la marche des quatre grands courants. Suivant Bède, les marées sont très-fortes à la nouvelle lune, parce que cet astre n'épuise pas alors l'eau des mers par son éclat; les marées décroissent jusqu'au premier quartier, par l'action épuisante des rayons lunaires, trop peu intenses cependant alors pour faire bouillonner la mer; les marées croissent jusqu'à la pleine lune, parce que ces mêmes rayons deviennent assez forts pour produire le bouillonnement; les marées diminuent jusqu'au dernier quartier, par la diminution d'intensité de ces mêmes rayons et du bouillonnement qu'ils causent; enfin les marées croissent jusqu'à la nouvelle lune, parce que la lune, rendant alors au soleil sa lumière empruntée, cesse de diminuer la quantité des eaux. L'explication mécanique gagne peu à se compliquer ainsi d'une mauvaise physique.

L'explication aristotélique des marées par le ballottement de la mer entre deux rivages a été reproduite par le poëte Stace (2), qui attribue à un choc alternatif de la mer contre l'Italie et contre l'Afrique les marées des Syrtes et les mouvements de l'euripe de Sicile. Cette même théorie, combinée avec l'hypothèse antique d'un continent situé au sud de la zone équatoriale, qu'on croyait occupée en entier par les

(1) *Elem. philos.*, l. c., p. 224.

(2) *Thébaïde*, X, 622.

eaux (1), inspire au poète Rutilius (2) la pensée de rendre compte des marées par le choc alternatif de l'Océan contre notre continent et contre le continent austral : ainsi le flux nous viendrait du midi. Eumenius, dans son *Panégyrique de Constance-Chlore* (3), hésite entre cette même hypothèse et une autre dont nous parlerons bientôt (§ 19). Des idées analogues se rencontrent encore à l'époque de la Renaissance (4).

§ 18. *Explication par une force propre aux mers elles-mêmes.*

L'épicurien Lucrèce (5) établit une comparaison entre le mouvement régulier de l'éther et celui des marées. Lucrèce veut-il, comme plus tard l'arabe Alpetrondji (6), considérer les marées comme un

(1) Voyez Cratès dans Strabon, I, 4, § 24, p. 30 (Casaubon) ; Strabon, II, 3, § 3, p. 98 ; II, 5, § 3, p. 111 ; Manilius, *Astron.*, I, 237-246 ; Pomponius Mela, I, 9, l. 54-55, t. I, p. 60 (Leyde, 1748, in-8°), et Cléanthe dans Cicéron, *Nat. Deor.*, III, 14.

(2) *Itinerarium*, I, 643. Comparez Priscien, *Périég.*, v. 7.

(3) *Panegyricus Constantio Cæsari recepta Britannia dictus*, c. 6, § 4 (*Panegyrici veteres*, t. I, p. 278-279, ed. Jæger, Nürnberg, 1778, in-8°).

(4) Voyez Pandolfo Sfondrati, *De causa æstus maris* (Ferrare, 1590, in-4°), cité par Riccioli, *Almag. nov.*, lib. IX, sect. 4, c. 14, § 27, et la citation que Patrizzi (*Nov. de univ. philos.*, lib. XXVIII) fait d'un auteur qu'il ne nomme pas.

(5) *De rer. nat.*, V, 506-508.

(6) Cité par Roger Bacon, *Opus majus*, p. 85, ed. Jebb. Suivant Alpetrondji, l'obéissance imparfaite de la mer à l'impulsion du premier ciel produit la périodicité des marées avec leur retard journalier.

mouvement imprimé aux mers par la rotation diurne de la sphère céleste ? Alors, cette explication serait décidément mécanique. Ou bien ne veut-il pas plutôt attribuer à la mer un mouvement propre et régulier par lui-même comme celui du ciel ? Cette dernière opinion, qui est probablement celle de Lucrèce, paraît aussi avoir été celle des grammairiens Cratès de Mallos et Apollodore de Corcyre (1). Il resterait à savoir si ces auteurs attribuaient à une force vitale, ou bien à une cause purement mécanique, le mouvement régulier du ciel et le mouvement régulier des mers. En ce qui concerne la physique toute mécanique de Lucrèce, la question est peu douteuse. Elle est douteuse en ce qui concerne Apollodore, qui, pour expliquer les marées, leur appliquait abusivement les expressions d'Homère sur le *fleuve Océan* (2). Cratès, qui donne au flux et au reflux le nom de *spasme alternatif de la mer,* semble incliner par cette expression vers le vitalisme (3). Saint Jérôme (4), signalant la période diurne des marées, sans marquer le rapport de leur retard journalier avec celui de la lune, n'est pas éloigné de partager l'opinion de ceux qui s'autorisent d'un texte de *Job* pour admettre que les eaux du flux sortent de profondes cavernes sous-marines et y rentrent pendant le reflux, en vertu d'une loi éternelle que Dieu a

(1) Dans Stobée, *Appendix*, t. IV, p. 437 de Gaisford.

(2) Voyez ci-dessus, § 1. Sur Apollodore de Corcyre et ses interprétations des poètes, comparez saint Clément d'Alexandrie, *Stromates*, V, p. 570 (Paris, 1641, in-fol.).

(3) Sur Cratès, comparez Strabon, I, 1, §§ 4-8, p. 3-5 (Casaubon).

(4) *In Job*, XXXVIII, 16, t. 7, f. 98 IK (Paris, 1546, in-fol.).

établie. Dans cette hypothèse, et probablement dans celle de Lucrèce, ni la vie de la terre, ni les influences des astres ne jouent aucun rôle : c'est la mer qui a par elle-même un mouvement naturel, imprimé sans doute par la nécessité aveugle, suivant Lucrèce ; ordonné par la Providence divine, suivant saint Jérôme.

§ 19. *Explications tirées de l'hypothèse du vitalisme universel.*

Dans l'explication que Platon donne des marées, on voit apparaître la doctrine qui considère l'univers comme un seul être animé et vivant. Suivant Platon (1), dans les profondeurs de la terre, il y a d'immenses cavernes qui sont le réservoir des eaux et en même temps du *souffle vital* (πνεῦμα) de notre globe, avec la surface duquel ces cavernes communiquent par diverses ouvertures. Les eaux et le souffle vital sont balancés à l'intérieur de la terre, entre ses deux hémisphères, par un mouvement respiratoire alternatif, qui les porte tantôt d'un côté, tantôt de l'autre ; et c'est de là que résultent, dit Platon, les vents et les *crues des eaux*, c'est-à-dire évidemment ces crues périodiques qui constituent les marées. Cette théorie, qui a un rapport évident avec l'opinion de Diogène d'Apollonie (2) sur la communication souterraine des

(1) *Phédon*, p. 111 C-112 E. Sur cette théorie de Platon, voyez Olympiodore, *Sur le Phédon, Mythe*, § 77, p. 168 (Finckh) ; Stobée, *Ecl. phys.*, I, 41, p. 636 (Heeren), et le faux Plutarque, *Op. des philos.*, III, 17.

(2) Dans Sénèque, *Nat. Quæst.*, IV, 2, § 27-29.

mers, repose principalement sur la doctrine de la force vitale du globe terrestre; doctrine qu'Ovide (1) a raison de signaler comme pythagoricienne (2), et qui a été adoptée par Platon (3), par son école (4), et on peut dire par la plupart des anciens (5).

Les stoïciens s'en sont emparés et en ont fait une application analogue pour la théorie des marées. Le stoïcien Athénodore (6) expliquait le flux et le reflux de la mer par une *expiration* et une *inspiration* que la terre accomplirait par des conduits souterrains pleins d'air et d'eau, qui devaient communiquer avec le fond des mers. De même, dans le corps humain, suivant Diogène d'Apollonie, Empédocle, Platon et Aristote (7), et suivant l'école hippocratique (8), le souffle vital et le sang circulaient ensemble dans tous les vaisseaux sanguins. Partisan de l'opinion de Praxagoras, d'Erasistrate, d'Asclépiade de Pruse et de la nombreuse école médicale des pneumaticiens,

(1) *Métam.*, XV, 341 et suiv.

(2) Sur le feu vital de la terre, principe de sa chaleur et de sa fécondité suivant les pythagoriciens, voyez mes *Études sur le Timée de Platon*, note XXXVII, § 3, t. 2, p. 117. Comparez note XXII, § 15, t. 1, p. 381-382.

(3) *Timée*, p. 30 et suiv., et p. 40 BC.

(4) Voyez Plotin, IVe *Ennéade*, IV, 32.

(5) Voyez le faux Plutarque, *Op. des philos.*, II, 3.

(6) Dans Strabon, III, 5, § 7, p. 173 (Casaubon).

(7) Voyez mes *Études sur le Timée*, note CLXIII, t. 2, p. 324, et note CLXVII, p. 331-332.

(8) Voyez Hippocrate, *De la maladie sacrée*, §§ 4 et 7, t. 6, p. 368 et 372; *De la nature des os*, § 11, t. 9, p. 182; *De l'aliment*, § 31, t. 9, p. 110; *Des vents*, §§ 8, 10 et 14, t. 6, p. 102-104, 104-106 et 112 (Littré).

qui faisaient circuler le sang seul dans les veines et le souffle vital seul dans les artères (1), Sénèque (2) dit que la terre est un être animé, qui a des veines pleines d'eau et des artères pleines de *souffle vital*, et que c'est là qu'il faut chercher la cause des marées. Telle paraît avoir été, au moins depuis Athénodore, c'est-à-dire depuis les derniers temps de la République romaine et l'avènement d'Auguste, l'opinion des stoïciens en général (3); opinion très en vogue dans l'antiquité, même hors de leur école (4). Polybe s'en était servi pour expliquer les crues, réelles ou supposées, d'une fontaine de Gadès (5). Strabon (6) paraît peu éloigné de l'adopter. Varron (7) attribue à des vents sous-marins (8), sinon toutes les marées, du moins celles des Syrtes.

(1) Voyez mes *Études sur le Timée*, note CLXVII, § 1, t. 2, p. 332-333.

(2) *Nat. Q.*, III, 15, § 1-3. Comparez II, 1, § 4.

(3) Nous verrons (§ 21) que le stoïcien Posidonius, antérieur à Athénodore, avait un système différent.

(4) Voyez Pomponius Mela, III, 1, l. 15-21, t. 1, p. 243 (Leyde, 1748, in-8°); Solin, c. 23, p. 32-33 (1689, in-fol.); Philostrate, *Vie d'Apollonius*, V, 2 et 6; Isidore de Séville, *De rer. nat.*, c. 40, p. 69 (G. Becker); le faux saint Augustin, *De mir. sacr. Script.*, I, 7; Eustathe, sur Denys, *Périég.*, v. 200, etc. C'est aussi une des deux opinions entre lesquelles Eumenius hésite. Voyez ci-dessus, § 17.

(5) Voyez ci-dessus, § 7, et ci-après, § 26.

(6) III, 5, § 7, p. 173 (Cas.). Comparez I, 3, § 8, p. 58.

(7) Dans Solin, c. 27, p. 36 A (1569, in-fol.).

(8) C'est à peu près l'opinion de Pic de La Mirandole (*Adv. astrol.*, III, 15) sur la cause des marées, auxquelles il ne veut pas que les astres aient aucune part. Au contraire, le médecin espagnol François Valles (*Sacra philosophia*, c. 52, Turin, 1587, in-8°) veut que ces vents sous-marins soient excités par le soleil et la lune.

Cependant, les stoïciens admettaient que ce phénomène se réglait sur le lever et le coucher de la lune (1). C'est que, suivant eux (2), le monde était un seul être animé, dans lequel les impressions se transmettaient comme dans le corps humain : de sorte que la lune exerçait une action vitale sur le flux et le reflux de la mer, de même que sur la croissance des animaux et des plantes et même sur les minéraux, en vertu de la *sympathie universelle* (3). Pline (4) prétend établir par de nombreuses preuves cette action vitale de la lune et son influence sur le *spiritus*, principe de la vie; par exemple, après avoir rapporté que, suivant Aristote, aucun animal ne meurt, si ce n'est pendant le reflux, il affirme que le fait est vrai, mais seulement pour les hommes, et seulement sur les côtes des Gaules baignées par l'Océan. Philostrate (5), à l'exemple d'Apollonius de Tyane, dit la

(1) Voyez Cicéron, *De nat. Deor.*, II, 7 ; *Divin.*, II, 14, et Sénèque, *De provid.*, c. 1, § 4.

(2) Voyez Sextus Emp., *Contre les physiciens*, I, § 79, p. 57 (Fabricius). Comparez Manilius, *Astron.*, II, 89-92.

(3) Voyez Aristote, *Génération des animaux*, IV, 10, p. 777-778 (Berlin); Galien, *Des jours critiques*, III, p. 444 et suiv. (éd. gr. de Bâle) ; Cicéron, *Divination*, II, 14 ; Pline, II, 8, s. 6, nº 30, t. 1, p. 110; II, 41, s. 41, nºˢ 109-110, p. 141-142 ; II, 97-101, s. 99-104, nºˢ 212-223, p. 189-193; IX, 7, s. 6, nº 18, t. 2, p. 146 ; XXXVII, 10, s. 67, nº 181, t. 5, p. 457 (Sillig); Manilius, *Astron.*, II, 87-95; Plutarque, *Questions de table*, III, 10 ; Ptolémée, *Quadrip.*, I, 1, p. 1 (Nuremberg, 1535, in-4º); le scholiaste, sur ce passage, p. 2-3 (Bâle, 1559, in-fol.) ; l'*Introduction* de Porphyre, p. 83 (même éd.) ; Aulus Gellius, XX, 8 ; saint Basile, *Hexaëm.*, VI, 10, etc.

(4) II, 98-99, s. 101-102, nºˢ 220-221, t. 1, p. 192 (Sillig).

(5) *Vie d'Apollonius*, V, 2.

même chose des habitants de Gadès, et cite ce fait imaginaire en faveur de l'explication des marées par la respiration de l'Océan. Il est probable que les stoïciens, depuis Athénodore, attribuaient aussi au soleil quelque influence vitale sur la respiration de la terre, et qu'ainsi leur hypothèse pouvait s'accommoder à l'explication de la triple période des marées, telle qu'ils pouvaient la connaître. C'est là un avantage que ne présentait aucune des hypothèses précédemment énumérées, si ce n'est peut-être celle de Macrobe et de Bède (§ 17).

Après avoir dit que le flux et reflux sont une sorte de mouvement propre et de *respiration* de la mer, Végèce (1) ajoute que l'action de la lune règle les heures de ce phénomène journalier.

Au moyen-âge, au lieu de la conception antique de la terre animée et des cavernes sous-marines qui devaient lui tenir lieu d'artères, de veines et de poumons, l'imagination crédule de quelques physiciens avait eu recours au monstre marin Léviathan, qui embrassait notre continent dans ses replis, et qui causait le flux en vomissant les eaux, et le reflux en les absorbant (2).

Au XVI[e] siècle, Patrizzi (3) explique les marées par un accroissement du volume des mers gonflées par le souffle vital et dilatées par la chaleur vitale; mais

(1) *Instit. rei milit.*, V, 12.

(2) Cette opinion étrange sur les marées est du nombre de celles qui sont rapportées par le faux Bède, *De mundi constitutione*, Op., t. I, p. 325 (Cologne, 1612, in-fol.).

(3) *Pancosmias* lib. XXIX, *De causis fluxus et refluxus maris*, p. 144 (*Nova de universis philosophia*, Ferrare, 1591, in-fol.).

il dit qu'en vertu de la *sympathie universelle* ces mouvements de la mer imitent les mouvements célestes.

Au commencement du XVII[e] siècle, après avoir préparé la voie aux découvertes de Newton (1), Kepler (2) revient, pour l'explication des marées, à la vieille hypothèse des stoïciens, d'après laquelle elles seraient un phénomène vital, produit sous l'influence des astres par la respiration du globe terrestre.

Parmi les physiciens de l'antiquité, arrivons à ceux qui ont considéré l'influence des corps célestes comme la cause unique ou principale des marées.

§ 20. *Explication par l'influence du soleil seul, ou des planètes, ou des astres en général.*

Suivant une opinion citée par Lucain (3) et par saint Isidore de Séville (4), le soleil produirait le flux en soulevant l'Océan *pour s'en nourrir*. Cette idée bizarre, de faire de l'Océan la nourriture du soleil et

(1) Voyez ci-après, § 23.

(2) *Harmonices mundi libri quinque*, IV, 7 (Lintz, 1619, in-fol.). Comparez Phil. Jac. Sachsius, *Oceanus macromicrocosmicus, seu diss. de analogo motu aquarum ex et ad Oceanum et sanguinis ex et ad cor* (Vratislaw, 1664, in-8°); Fr. Follius a Puppio, *Recreatio physica de sanguinis ac omnium viventium universali analogica circulatione* (Florence, 1665, in-8°), et Seb. Basso, *Philosophiæ naturalis libri XII adversus Aristotelem* (Paris, 1621, in-8°), cité par Morhof, *Polyhistor*, lib. II, part. II, c. 20, § 3, t. 2, p. 364 (Fabricius).

(3) *Pharsale*, I, 415-416. Comparez X, 258.

(4) *De rer. nat.*, c. 40, p. 69, l. 10-12 (G. Becker).

des autres astres, est empruntée à Parménide, à Héraclite et aux stoïciens (1).

Solin (2) dit que les marées sont très-fortes sur les côtes de l'Inde, parce que *la chaleur solaire, étant très-grande, y soulève beaucoup l'Océan*, sans doute en dilatant les eaux (3).

Le poète Rutilius (4) cite une opinion d'après laquelle les marées résulteraient d'un soulèvement de l'Océan, causé par *les astres qu'il nourrit*. Philon-le-Juif (5) pense qu'elles sont dues à une action occulte des *planètes*.

Il est évident que ces hypothèses, qui méconnaissent l'influence dominante de la lune, ne rendent pas compte des périodes du phénomène, telles qu'elles sont constatées par l'observation. Cependant, depuis la Renaissance, Isaac Vossius (6) a dépensé beaucoup

(1) Voyez Stobée, *Ecl. phys.*, I, 25, p. 510; I, 26, p. 524, 532 et 540; I, 27, p. 554 (Heeren); Aristote, *Météor.*, II, 2, § 7; Diogène de L., VII, 145; IX, 9 et 10; Cicéron, *Nat. Deor.*, II, 15, et III, 14; Porphyre, *Antre des Nymphes*, ch. XI; Cléomède, I, 6, et Macrobe, *Saturn.*, I, 26.

(2) C. 23, p. 32-33 (1689, in-fol.).

(3) Le poète Stace (*Théb.*, VII, 471) ne prétend pas, sans doute, parler en physicien, quand il dit que le soleil soulève l'Océan au moment où il en sort, et qu'il le refoule quand il en est sorti : il n'a probablement pas eu l'intention de faire allusion aux marées, qui seraient bien mal expliquées par cette image poétique.

(4) *Itinerarium*, I, 641-644.

(5) *De la création du monde*, p. 26 (Paris, 1640, in-fol.).

(6) *De motu marium et ventorum liber* (Lahaye, 1663, petit in-4°). Suivant Vossius, la dilatation des eaux au-dessus desquelles le soleil passe en élève le niveau, et produit un courant équatorial continu d'Orient en Occident, tandis que des courants latéraux obliquement contraires vont rétablir le niveau en arrière. En pleine mer,

d'esprit pour expliquer ces périodes par l'influence du soleil seul.

§ 21. *Explications par l'influence de la lune seule.*

Parmi les hypothèses antiques sur les marées, celles qui attribuent, au contraire, à la lune seule tout l'effet produit sont un peu moins éloignées de la vérité. Quand elles veulent expliquer pourquoi cette action de la lune est plus forte dans les syzygies, elles s'égarent; mais, quand elles glissent sur ce point, elles ne choquent pas trop la vraisemblance.

Telle est l'explication bien brève donnée par Sénèque (1). Il pose en fait la régularité constante du phénomène, et il dit que le flux de l'Océan, soumis

les eaux dilatées s'élèvent, quand le soleil est au méridien du lieu; elles retombent au-dessous de leur niveau moyen, quand il est à l'horizon occidental; mais bientôt les eaux, qui affluent dans cette partie basse et dont l'impulsion se continue après que le niveau est rétabli, tendent à élever ce niveau pendant le passage inférieur du soleil au méridien presque autant que pendant le passage supérieur. Suivant Vossius, ces oscillations des eaux au-dessus et au-dessous de leur niveau moyen devraient se continuer les jours suivants en diminuant d'intensité, si le soleil ne venait pas les renouveler. Mais de l'hésitation qui se produit entre le flux et le reflux, résulte un retard de 48 minutes par jour, retard qui, *par hasard*, se trouve égal à celui des passages de la lune au méridien. Par le même hasard, suivant lui, les deux marées de chaque jour durant ensemble un jour et 48 minutes : il se trouve que dans les syzygies les oscillations des eaux concourent avec l'action présente du soleil, tandis qu'elles la contrarient en partie pendant les autres époques de la lunaison: et voilà l'explication de Vossius pour la période semi-mensuelle des marées par le soleil seul.

(1) *De Provid.*, c. 1, § 4, et *Nat. q.*, III, 28, § 6.

au pouvoir de la lune, est d'autant plus fort ou plus faible que les eaux sont plus ou moins attirées par cet astre. D'où dépend l'intensité de cette attraction, plus grande dans les syzygies? Il n'en dit rien. Est-ce une attraction propre à la lune seule et s'exerçant seulement sur les eaux? Sans qu'il le dise, ses expressions le font penser. Cependant il dit que les marées les plus fortes ont lieu, quand une conjonction de la lune concourt avec un équinoxe. Peut-être donc, s'il s'était expliqué sur ce point, n'aurait-il pas refusé au soleil toute part dans le phénomène, à moins qu'il ne considérât cette influence de l'équinoxe comme purement météorologique.

Le voyageur Pythéas de Marseille (1), l'auteur du traité *Du monde* (2), le platonicien Favorinus d'Arles (3), l'astrologue chrétien auteur de l'*Hermippe* (4) et beaucoup d'autres auteurs (5) rangent les marées parmi les nombreux effets des actions occultes qu'on attribuait à la lune (6).

Arrivons aux auteurs qui ont essayé de définir

(1) Dans Stobée, *Appendix*, t. IV, p. 437 (Gaisford), et dans le faux Plutarque, *Op. des philos.*, III, 17.

(2) Ch. IV, dans les Œuvres d'Aristote, p. 396, col. 1 (Berlin).

(3) Dans Aulus Gellius, XIV, 1, §§ 3-4.

(4) II, 9, p. 41-42 (Bloch.)

(5) Voyez Pomponius Mela, III, 1, l. 21-25, p. 243-244 (Leyde, 1748, in-8°); Lucain, I, 414; X, 204 et 216-217; Silius Italicus, III, 45; S. Augustin, *Civ. D.*, V, 6; Dracontius, *Hexaëm*, v. 554 et suiv.; S. Sidoine Apollinaire, *Burgus Pontii Leontii*, v. 104-109; Claudien, *Sext. cons. Honorii*, v. 499, et *Cons. Mallii Theod.*, v. 107. Comparez Scipion Chiaramonti, *De universo*, XXIII, 22.

(6) Voyez ci-dessus, § 19.

l'action de la lune sur les mers. Suivant Posidonius, s'il fallait en croire Stobée (1), la lune serait cause des vents et par eux des marées. Ainsi Posidonius supposerait à tort, de même qu'Aristote et Héraclide de Pont (2), l'existence d'un rapport constant entre les marées et le souffle des vents. On conçoit qu'à la rigueur Posidonius pouvait croire qu'il expliquait ainsi la période diurne et la période mensuelle avec leurs modifications. Quant à la période annuelle, si peu constatée pour lui, il est probable qu'il ne cherchait pas à l'expliquer, à moins toutefois qu'il n'eût recours subsidiairement au soleil ou bien à une influence météorologique des saisons.

Comme nous l'avons vu (§§ 9 et 19), certains auteurs grecs et le géographe latin Pomponius Mela croyaient que la mer haussait et baissait simultanément sur tous ses rivages, et beaucoup de physiciens voulaient qu'elle rentrât pendant le reflux dans des cavernes souterraines. Mais d'autres voulaient que la lune augmentât temporairement par son influence la masse même des eaux marines. Pline (3) dit que *la lune enfante les eaux*, tandis que le soleil les dévore. Ptolémée (4) dit qu'elle *augmente* les eaux des fleuves; mais, quant aux mers, il dit seulement (5) que leurs mouvements se règlent sur

(1) *Appendix*, t. IV, p. 437 (Gaisford).

(2) Voyez ci-dessus, §§ 8 et 17.

(3) XX, 1, s. 1, n° 1, t. 3, p. 288 (Sillig.).

(4) *Quadripartitum*, I, 2, f. 1 v°, l. 13-14 (Nürnberg, 1535, in-4°). Comparez Proclus, *in Quadrip.*, I, 2, p. 4 (Leyde, 1635, in-18).

(5) *Quadrip.*, I, 2, f. 1 v°, l. 14-15, et II, f. 25 v°, l. 20-22. Comparez Proclus, II, 12 (13), p. 143.

son lever et son coucher, et qu'il y a un rapport entre ses phases, le flux et le reflux et les vents. En vain le scoliaste (1) conteste que, pour les eaux des fleuves, Ptolémée parle d'une *augmentation* produite par la lune. Le platonicien Lamprias, mis en scène par Plutarque (2), dit expressément que la lune, humide par nature, produit le flux de la mer en augmentant la quantité d'eau contenue dans l'Océan. Appliquant cette même théorie à la période mensuelle mal connue, saint Anastase-le-Sinaïte (3) dit que les eaux de la mer *croissent* comme le *corps de la lune*, c'est-à-dire comme la partie éclairée de son disque. Porphyre (4) en dit autant des fontaines et des euripes. Ne pouvant croire à cette *augmentation de la masse* des eaux par la lune, Marsile Ficin (5), au XV[e] siècle de notre ère, y substitua une dilatation, c'est-à-dire une *augmentation de volume* (6).

Cléomède (7) pense aussi que la lune est cause des marées; mais il assure qu'elle emprunte au soleil, avec sa lumière, le pouvoir de les produire. Il ne dit pas pourquoi la lumière directe du soleil est

(1) *In Quadrip.*, I, 2, p. 2-3 (Bâle, 1559, in-fol.).

(2) *Du visage dans la lune*, ch. xxv, n° 21.

(3) *Anag. contempl. in Hexaëm.*, IV (*Bibl. max. Patr.* t. IX, p. 875 A).

(4) *Introd. in Ptolemæi Quadrip.*, p. 183 (Bâle, 1559, in-fol.).

(5) *In Plotini Ennead*, II, lib. III, p. 149 (Bâle; 1580, in-fol.). Voyez aussi Resta, *De mari*, c. XIV.

(6) Scalberge Minière (*Sur les causes naturelles du flux et du reflux de la mer*, Chartres, 1680) combine avec l'opinion de Ficin l'idée d'une pression exercée sur l'Océan par le soleil.

(7) II, 1, p. 105, et II, 2, p. 120 (Bake.

moins puissante sur les mers que sa lumière réfléchie par la lune, et pourquoi la nouvelle lune, qui n'est pas du tout lumineuse, produit d'aussi fortes marées que la pleine lune.

Suivant saint Eustathe d'Antioche (1), l'époque sinon unique, du moins principale des marées est précisément celle de la nouvelle lune, et elles sont plus fortes quand il y a une éclipse de soleil, parce que la lune intercepte alors les rayons solaires, qui contrarient habituellement son action sur les mers. Rappelons-nous que, suivant Pline, la lune *enfante* les eaux et le soleil les *dévore*. Malheureusement les fortes marées de la pleine lune protestent contre l'explication de saint Eustathe, comme les fortes marées de la nouvelle lune contre l'explication de Cléomède et de saint Anastase.

Suivant Priscien de Lydie (2), Posidonius disait que le soleil soulève les vapeurs humides, mais les consume, tandis que la lune gonfle la mer en soulevant ces mêmes vapeurs sans avoir la chaleur nécessaire pour les consumer. Ce ne serait donc pas aux vents, comme Stobée nous l'a dit, mais à ces vapeurs soulevées par la lune, que Posidonius aurait attribué les gonflements périodiques de la mer. Cette explication des marées, reproduite par l'astrologue arabe Abu-Mashar (3) et modifiée par le moine Roger

(1) *In Hexaëm.*, *Biblioth. max. Patr.*, t. XXVII, p. 28 C.

(2) *Solutiones ad Chosroëm*, *Quæst.* VI, p. 570-572, à la suite de Plotin (Didot).

(3) Abu-Mashar-al-Balki, qu'on nomme vulgairement Albumazar, dans son *Introd. ad Astron.*, XI, 4-8, trad. lat. (Venise, 1506, in-4°) croit que c'est la chaleur émise par la lune qui agite les vapeurs de la mer.

Bacon (1), a trouvé de nombreux partisans jusqu'au milieu du XVII[e] siècle (2).

Suivant saint Basile (3) et saint Ambroise (4), la lune produit les marées en aspirant, puis en refoulant *par son souffle* les eaux de l'Océan.

Voilà bien des erreurs de fait et de théorie. Passons à une hypothèse toute différente, où pourtant la lune joue encore le principal rôle, et où le soleil n'en a aucun.

(1) Suivant Roger Bacon (*Opus majus*, p. 85-86 de Jebb, et *Epist. ad Clementem* V), le soleil et les étoiles sont sans action sur la mer, celles-ci parce que leurs rayons sont trop faibles, celui-là parce que les siens, trop forts, quelque obliques qu'ils soient, dégagent et consument tont de suite les vapeurs du fond de la mer. Au contraire, les rayons obliques de la lune à l'horizon, soulevant les vapeurs du fond de la mer sans avoir la force de les consumer, produisent le flux. Les rayons de la lune au méridien consument les vapeurs marines, et le reflux commence. Quant aux marées qui ont lieu pendant que la lune est sous l'horizon, Roger Bacon les explique par une prétendue réflexion des rayons lunaires qui vont frapper la concavité de la sphère des fixes ou de la neuvième sphère dépourvue d'astres.

(2) Voyez Contareni (*De elementis*, lib. XI), Raphaël Aversa (t. II, *Philos. quæst.* 42, sect. 7), Crescenzi (*Nauticæ Mediterraneæ* lib. III), Jérôme Borro d'Arezzo (*Dial. de fluxu et refluxu maris*, p. 125), le P. Cabée (*Meteor.*, lib. II, text. 6, quæst. 9), le P. Fournier (*Hydrographia*, IX, 8), le P. Kircher, *Magnes*, III, 4, p. 592-601 (Cologne, 1643, in-4°), Schyrle de Rheita (*Radius sidereomysticus*, IV, 3), et Riccioli (*Almag. nov.*, lib. IX, sect. 4, c. 14, § 42).

(3) *Hexaëm.*, VI, 11.

(4) *Hexaëm.*, IV, 7. Comparez saint Isidore de Séville, *De nat. rer.*, c. XL, p. 69 (G. Becker), et le traité *De imagine mundi* (*Bibl. max. Patr.*, t. XX, p. 972 B).

§ 22. *Explication par les rotations de la lune et de la terre.*

Séleucus de Babylone, astronome du second siècle avant notre ère, chaldéen de naissance, grec de nom et initié à la science grecque (1), admettait à titre de faits certains la rotation diurne de la terre sur son axe et sa révolution annuelle autour du soleil, proposées déjà par Aristarque de Samos, mais seulement à titre d'hypothèses (2). Comme nous l'avons vu (§§ 2 et 8), Séleucus niait que le phénomène des marées fût uniforme dans toutes les parties de l'Océan, et, suivant lui, ce phénomène, régulier lorsque la lune se trouvait dans le voisinage de l'équateur céleste, était plus ou moins irrégulier lorsque la lune s'écartait de ce cercle. Nous avons montré (§ 8) que ces deux assertions fausses étaient des conséquences exagérées d'observations vraies, qui avaient échappé aux observateurs antérieurs. Il nous reste à dire ici comment Séleucus concevait la cause de ce phénomène : Séleucus, dont la pensée a été mal comprise par Galilée, croyait avec raison, comme Galilée lui-même, que la rotation dn globe terrestre et la rotation de la lune avaient lieu dans le même sens ; et de là Séleucus concluait, avec raison, que les parties des surfaces de ces deux astres tournées l'une vers l'autre devaient, précisément en vertu des rotations des deux corps dans le même sens, se mouvoir suivant des

(1) Voyez M. Sophus Ruge, *Der Chaldæer Seleucus*, p. 1-10 (Dresden, 1864, in-8°).

(2) Voyez mes *Études sur le Timée*, t. II, p. 127-129.

directions opposées (1). Il pensait que cette opposition des directions de mouvement des deux surfaces, en regard l'une de l'autre, devait produire dans l'air compris entre elles des courants alternatifs qui, frappant sur la mer Atlantique, y causaient le flux et le reflux. Ainsi Séleucus croyait, avec la plupart des anciens (2), que notre atmosphère s'étendait jusqu'à la lune et même au-delà. Malgré cette erreur antique, l'hypothèse de Séleucus ressemble beaucoup à celle de Galilée (3), de Césalpin (4) et de Wallis (5), d'après laquelle la cause principale des marées serait l'opposition de la rotation diurne de la terre et de sa révolution annuelle, et à l'hypothèse de Baliani (6) et de don Jacques Alexandre (7), qui expliquent les

(1) Voyez Stobée, *Appendix*, t. IV. p. 437-438 (Gaisford), et le faux Plutarque, III, 17. Ces deux auteurs disent que, suivant Séleucus, ces deux rotations *s'opposent* (ἀντικόπτειν) l'une à l'autre. Nous venons d'expliquer que cette opposition résulte précisément de ce que les deux rotations ont lieu dans le même sens. Galilée (*Systema cosmicum*, Dial. IV, p. 455-456, Elzévir, in-4°) a tort d'imputer à Séleucus l'erreur d'après laquelle la rotation de la lune aurait une direction contraire à celle de la rotation de la terre.

(2) Voyez Ideler, *Meteorol. vet. Gr. et Rom.*, c. 1, p. 18-19.

(3) *Syst. cosm.*, Dial. IV.

(4) *Quæst. peripatet.*, III, 5.

(5) *De æstu maris* (Op. t. II, p. 739-750, in-fol.)

(6) Cité par Riccioli, *Almag. nov.*, t. I, part. 1, lib. IV, c. 10, n° 3, p. 216, et part. 2, lib. IX, sect. 4, c. 15, p. 381, et combattu par Wallis, l. c., p. 742 et suiv.

(7) *Traité du flux et du reflux de la mer* (1726, in-12). Comparez Mairan, *Acad. des sciences*, 1727, in-4°, *Mém.*, p. 90 et suiv., *Hist.*, p. 162 et suiv.; le P. Aubert, *Mém. de Trévoux*, 1727, p. 2008, et La Lande, *Mém. de l'Acad. de Dijon*, t. II, p. 306.

marées à peu près comme Galilée, mais en faisant tourner la terre autour de la lune et celle-ci autour du soleil. L'hypothèse de Séleucus sur les marées a bien aussi quelque ressemblance avec celle de Descartes et de quelques autres savants (1), qui attribuent les marées à une pression exercée par la lune sur le tourbillon elliptique de la terre, et même avec l'hypothèse de César d'Arçons (2), qui explique les marées par une libration de la lune, et leur retard journalier par un repos de cette libration pendant quelque temps de chaque jour.

Non-seulement la vérité, mais la vraisemblance manque à toutes ces hypothèses. Il faut avouer que celle de Galilée, en particulier, donne beau jeu aux objections de Riccioli (3), adversaire du nouveau système du monde. Il faut avouer aussi que Galilée, qui critique si durement l'hypothèse de Séleucus sur les marées, sans le nommer, aurait dû se montrer plus indulgent pour une hypothèse qui ressemble

(1) Voyez Descartes, *Principes de la philosophie*, part. 4, §§ 49-52; Bernard Varen, *Geographia generalis*, I, 14, prop. 10-11, p. 174-181 (Armst., 1671, in-18); Rohault, *Tr. de physique*, part. II, ch. dernier, t. II, p. 140 et suiv. (1705, in-12); Louis Feuillée, *Journal d'observations faites en Amérique*, p. 578, 597 et 636; J.-A. Fabricius, *Théologie de l'eau*, II, 3, trad. fr., p. 298-303 (Paris, 1743, in-8°), et le P. Cavalleri, *Prix de l'Acad. des sciences*, 1740. Suivant le P. Honoré Fabri (*Physices* t. III, tr. VI, lib. III), l'élévation du niveau des mers résulterait de ce que l'atmosphère pèserait moins sur la surface des eaux sous le point de contact des sphères de la terre et de la lune.

(2) *Tr. du flux et du reflux de la mer* (Bordeaux, 1667).

(3) *Almag. nov.*, t. I, part. II, p. 377-380.

tant à la sienne, et dont l'auteur, près de 1800 ans avant lui, avait pensé comme lui et comme Copernic sur la constitution du système solaire.

§ 23. *Explications par les influences combinées de la lune et du soleil.*

Arrivons enfin aux auteurs anciens qui ont compris la nécessité d'adjoindre l'influence du soleil à celle de la lune, et qui ont considéré cette double influence comme la cause principale ou unique des marées.

Il semble, au premier abord, que cette explication aurait dû se présenter tout naturellement à tous ceux des physiciens anciens qui connaissaient la période diurne et la période mensuelle des marées, puisque la première période dépend des positions de la lune par rapport au méridien, et puisque la seconde dépend des positions de la lune par rapport au soleil. Mais, d'un côté, les stoïciens en général n'assignaient à la lune seule, ou bien à la lune et au soleil, qu'une influence régulatrice sur les marées, produites, suivant eux, par d'autres causes (§ 19), tandis qu'Aristote, Héraclide et peut-être Posidonius n'attribuaient à ces deux astres, ou à l'un d'entr'eux, une action directe que sur les vents, et attribuaient aux vents la production des marées (§§ 17 et 21); d'un autre côté, parmi les auteurs qui considéraient le flux et le reflux comme des effets d'une action directe de la lune sur les eaux marines, la plupart, comme Plutarque, Favorinus, Ptolémée, Porphyre, les auteurs

de l'*Hermippe* et du traité *Du monde*, se rendaient compte de la période mensuelle par une influence occulte des phases mêmes de la lune ou de sa position astrologique (§ 21), ou même, comme Macrobe (1), par les propriétés du nombre *sept* dans la série des jours de la lunaison. Par conséquent, aucun de tous ces auteurs n'a senti le besoin de recourir subsidiairement à une action directe du soleil lui-même. Il en est de même de ceux qui, comme Cléomède (2) et Galien (3), croyaient que toutes les influences merveilleuses attribuées par eux à la lune venaient d'une puissance qu'elle empruntait au soleil et qui était à son *maximum* dans les deux syzygies, à son *minimum* dans les deux *quadratures*. Quant à la période annuelle, elle était trop peu constatée pour faire sentir à beaucoup de physiciens la nécessité d'un rôle spécial du soleil dans les marées, et d'ailleurs ce rôle aurait pu ne leur paraître que très-indirect, s'ils avaient considéré cette période comme due à une influence exercée sur les marées par des circonstances atmosphériques attachées aux saisons.

Pline (4) et Manilius (5) sont les seuls auteurs anciens qui disent nettement que la lune et le soleil, simultanément et chacun pour leur part, causent directement le flux et le reflux. Ils ne s'expliquent pas

(1) *In Somn. Scip.*, I, 6, § 61, p. 49 (Janus).
(2) II, 1, p. 105, et II, 2, p. 120 (Bake).
(3) *Des jours critiques*, III, t. 3, p. 44 et suiv. (Éd. gr. de Bâle, in-fol.)
(4) II, 97, s. 99, n° 216, t. 1, p. 189 (Sillig).
(5) *Astron.*, II, 90-92.

davantage sur ce point, et ils ne nous font pas connaître les auteurs de cette hypothèse.

Cette opinion vraie de Pline et de Manilius, suivie par Albert-le-Grand (1) et par Duns Scott (2), combattue à tort par Pic de La Mirandole (3) comme entachée de superstition astrologique, maintenue par Frédéric Chrysogonus (4), par les Jésuites de Coïmbre (5) et plus tard par Képler (6), rejetée par Galilée (§ 21), soutenue contre lui par Riccioli (7), qui la gâte en voulant l'expliquer et en la combinant avec d'autres, puis abandonnée généralement pour celle de Descartes (§ 22) ou bien pour celle d'Abu-Mashar renouvelée (§ 21); cette opinion vraie, dis-je, a été établie d'une manière inébranlable par Newton et complétée dans ses développements par Bernouilli, Euler, Maclaurin, Boscovich, La Lande, Laplace et d'autres savants (8). Mais, sous la forme nouvelle que

(1) *De proprietatibus elementorum*, lib. I, tract. II, c. 5 et 6, p. 305-308, Op. t. V (Lyon, 1651, in-fol.).

(2) *Meteorol.*, lib. II, quæst. 2, art. 2, §§ 5 et 10, t. 3, part. I, p. 65 (Lyon, 1635, in-fol.).

(3) *Adversus astrologos*, III, 15.

(4) En 1527. Voyez Patrizzi, *Nov. de univ. philos.*, lib. XXVIII, et Rivinus (Bachmann), *De Venilia et Salacia*, diss. II, p. 747.

(5) *Meteorol.*, lib. II, tr. 8.

(6) *Comm. de motu Martis*, Introd., p. 3 (Prague, 1609, in-fol.), et *Epitome astronomiæ Copernicanæ*, p. 555 (Lintz, 1618, in-8°).

(7) *Almag. nov.*, t. I, part. II, lib. IX, sect. 4, c. 14, § 42, p. 377 (Bologne, 1651, in-fol.).

(8) Voyez Newton, *Philos. natur. principia math.* (1re éd., Londres, 1687), t. III, part. I, prop. 24, theor. 19, p. 122-131; part. II, prop. 36, probl. 17, p. 537-539, et prop. 37, probl. 18, p. 539-547 (éd. Lesueur et Jacquier, Genève, 1760, in-4°); Ber-

Newton et ses successeurs lui ont donnée, c'est à eux qu'elle appartient, et non à Pline et aux auteurs qui l'ont suivi. Car ce sont ces savants modernes, dont Newton est le chef, qui en ont fait une théorie vraiment scientifique, en l'appuyant sur la connaissance de la gravitation universelle et de ses lois, tandis que, pour les anciens, sans excepter Pline et Manilius, l'action de la lune ou du soleil sur les mers était une action spéciale et indéfinissable, ou bien une action définie, mais imaginaire, en tout cas une *cause occulte*, rebelle à toute loi précise et à tout calcul.

§ 24. *Insuffisance des observations et des théories des anciens sur les marées.*

Parmi les hypothèses antiques, dont nous venons de donner une énumération aussi complète que nous avons pu la faire, celles qui laissent de côté l'action de la lune et du soleil (§§ 17, 18, 19 et 22) sont impuissantes à expliquer les périodes du phénomène ; il en est de même de celles qui n'ont recours qu'à l'un de ces deux astres (§§ 20 et 21) ; celles qui ne considèrent l'action de la lune et du soleil sur les mers que comme une cause secondaire et régulatrice (§§ 17

nouilli, Euler et Maclaurin, dans le *Recueil des prix de l'Académie des sciences*, 1740 ; le P. Boscovich, *De maris æstu* (Rome, 1746) ; La Lande, *Traité du flux et du reflux de la mer*, t. IV de son *Astronomie* (1781, in-4°), et Laplace, *Mécanique céleste* (1re éd., an VII), IV, 1-4, t. 2, p. 198-338, et XIII, 1-6, t. 5, p. 175-288 (Paris, 1825, in-4°). Comparez Montucla, *Hist. des mathém.*, part. V, liv. VI, §§ 11 et 12, t. 4, p. 286-300 (Paris, 1802, in-4°).

et 19), recourent inutilement à des causes principales imaginaires; celles qui invoquent l'action de la lune et du soleil comme cause soit unique, soit principale ou secondaire des marées (§§ 17, 19 et 23), auraient pu, sans le secours de la notion de la gravitation universelle et de ses lois, se prêter à une explication vague, mais du moins plausible, de la plupart des lois dès lors reconnues ou entrevues du phénomène des marées, savoir, de la période diurne, de la période mensuelle, et des modifications introduites par l'influence du périgée ou de l'apogée de la lune, du périhélie ou de l'aphélie de la terre et des déclinaisons de la lune et du soleil (§§ 8, 12, 13 et 14). Mais il ne paraît pas qu'aucun auteur ancien ait tiré de ces dernières hypothèses un si heureux parti.

Aucun auteur ancien ne nous dit que l'action du soleil s'ajoute à celle de la lune dans les syzygies et la combat dans les quadratures. Quand bien même les anciens auraient eu cette pensée, qui paraît leur avoir été tout-à-fait étrangère, il leur aurait été impossible de calculer et de prédire, comme on le fait de nos jours, l'intensité de chaque marée, sauf l'influence des causes accidentelles. En effet, puisqu'ils n'avaient pas défini l'action de la lune et du soleil sur la mer, ou bien l'avaient définie de la manière la plus erronée (1), puisqu'ils ne l'avaient pas rattachée,

(1) Les modernes, avant Newton, n'avaient pas été plus heureux. L'action de la lune sur les mers était magnétique suivant les Jésuites de Coïmbre (*Meteor.*, lib. II, tr. 8), Gilbert (*De magnete*, VI, 6) et Zanardi (*Commentarius cum quæstionibus ac dubiis in Physicam Aristotelis*, quæst. 30, Cologne, 1622, in-4°); cette action était sympathique suivant une des deux opinions de Képler sur les ma-

comme Newton l'a fait le premier, à une loi générale et précise de la nature, à celle de la gravitation proportionnelle aux masses et en raison inverse du carré des distances, il leur était impossible de savoir dans quelle proportion cette action dépendait des masses des corps qui l'exerçaient et de leurs distances à la terre. D'ailleurs, ces masses leur étaient inconnues, et ces distances ne leur furent jamais connues avec assez d'exactitude en ce qui concerne la lune, et encore beaucoup moins en ce qui concerne le soleil. Ils n'auraient donc pas pu faire la part de l'action de chacun de ces deux corps, ni par conséquent établir à ce sujet un calcul *à priori*. En effet, nous avons vu (§ 15) que leurs périodes de 8 ans et de 19 ans, pour le retour prétendu des marées semblables, les auraient trompés tant pour les intensités approximatives que pour les

rées (*Epitome Astronomiæ Copernicanæ*, p. 555); productrice de vapeurs au fond des mers, suivant Contareni, Aversa, Crescenzi, Borro, Cabée, Schyrle de Rheita, Kircher et Riccioli (cités § 21, en note); mais ce dernier admettait que le soleil avait part à cette action de la lune sur la mer, et que d'autres causes contribuaient à produire les marées. Isaac Vossius (cité § 20, en note) attribuait les marées au soleil seul, dont les rayons verticaux dilataient les eaux par la chaleur. J.-C. Scaliger (*De subtilitate ad Cardanum*, exerc. 52, p. 162, Lyon, 1615, in-12) hésitait entre une puissance magnétique de la lune sur les mers et une action spéciale des rayons solaires réfléchis par elle. Le chancelier Bacon (*Novum organum*, II, 36, et *Tract. de fluxu et refluxu maris*) présentait plusieurs hypothèses, entre autres celle de Gilbert, sans s'arrêter à aucune. Depuis Newton, à la fin du XVIII[e] siècle, un physicien, traducteur et faiseur de romans, le comte de Tressan (*Essai sur le fluide électrique considéré comme agent universel*, Paris, 1783, 2 vol. in-8°) voulait que l'action de la lune sur les mers fût électrique.

heures précises, quand bien même ils auraient joint à ces périodes une connaissance négligée par eux, celle des *heures de port.*

En outre, certains faits très-frappants, que nous allons énumérer, doivent nécessairement être pris en considération dans la théorie des marées : pour les anciens, la plupart de ces faits étaient restés inexplicables.

1° C'est Newton qui, le premier, a expliqué d'une manière satisfaisante (1) pourquoi les passages de la lune et du soleil au méridien, au-dessous de l'horizon, produisent sur les mers le même effet que les culminations supérieures de ces astres. Pourtant il faut savoir gré à Pline (2) d'avoir tiré de l'identité inexpliquée de ces deux effets un argument contre ceux qui s'obstinaient à nier la sphéricité de la terre et le passage des astres au-dessous d'elle.

2° Pourquoi, en pleine mer, ou bien abstraction

(1) L'explication de Roger Bacon (§ 21, en note) et de Robert de Lincoln (dans Duns Scot, *Meteor.*, lib. II, q. 2, art. 2, § 6, t. III, part. I, p. 65, Lyon, 1635, in-fol.), tirée de la réflexion prétendue des rayons lunaires contre la huitième ou la neuvième sphère, l'explication de Gérard J. Vossius (*De origine et progressu idolatriæ*, lib. II, c. 69, p. 670), tirée de l'hypothèse d'après laquelle les mers des deux hémisphères communiqueraient par des cavernes souterraines, et l'explication d'Isaac Vossius (§ 20, en note), tirée des oscillations de la mer autour de son niveau moyen, sont loin d'être *satisfaisantes.* Les explications de Galilée, de Baliani et de Wallis (§ 22, en note) ne le sont pas non plus. Voyez Montucla, *Hist. des mathém.*, part. V, liv. VI, § 11, t. 4, p. 283-286. Riccioli (*Almag. nov.*, lib. IX, sect. 4, c. 14, § 42, t. 1, part. II, p. 377) avoue qu'il n'en connaît aucune qui soit acceptable.

(2) II, 97, s. 99, n° 214, t. 1, p. 189-190 (Sillig).

faite de ces retards locaux qui constituent les *heures de port*, les *maxima* diurnes des marées ont-ils lieu quelques heures après les passages de la lune au méridien? Pourquoi les *maxima* mensuels ont-ils lieu un jour et demi après les syzygies, les *maxima* du périgée quelques jours après les passages de la lune à ce point, et les *maxima* annuels quelques jours, dit-on, après les équinoxes? Pline (1) croit qu'il faut un temps notable pour que l'action de la lune arrive jusqu'à la terre. Mais, si l'intervalle de temps entre le passage de la lune au méridien et la fin du flux en pleine mer était égal au temps que l'influence de la lune met à arriver à la terre, la durée du voyage de cette influence ne pourrait pas expliquer l'intervalle de temps beaucoup plus grand entre la syzygie et la plus forte marée correspondante. Les modernes ont dû chercher une explication plus plausible. Le retard quotidien de la fin du flux en pleine mer sur le passage de la lune au méridien peut résulter en partie de la lenteur avec laquelle le mouvement se transmet à la masse des mers. De plus, pour expliquer les retards de tous les *maxima* des marées sur les phénomènes astronomiques qui les causent, voici ce qu'on peut dire avec vraisemblance, en invoquant une comparaison bien naturelle. Le *maximum diurne* de la chaleur ne vient qu'environ deux heures après midi vrai, parce que, quelque temps encore après la culmination supérieure du soleil, la chaleur qui vient de cet astre au lieu d'observation surpasse, malgré sa diminution, celle qui se perd par le rayonnement

(1) II, 97, s. 99, n° 216, p. 190.

terrestre, et, pour une raison semblable, le *maximum annuel* de la chaleur ne vient, pour nos latitudes, que plus d'un mois après le solstice d'été. De même, les impulsions de plus en plus fortes qui sont imprimées à la mer pendant la partie croissante de chaque période produisent des oscillations quotidiennes qui croissent suivant une progression plus rapide que la progression des impulsions, parce que les effets de ces impulsions successives s'accumulent, comme s'accumuleraient les effets des impulsions qu'on imprimerait à un pendule suivant la même progression, et la croissance des oscillations dure encore après que la progression croissante des impulsions a cessé, jusqu'à ce que la dépense de force, causée par la résistance de la masse à mouvoir et par le frottement, l'emporte sur l'acquisition de force qui continue de résulter des impulsions décroissantes. Telle est la théorie de Newton (1) et d'Euler (2), à laquelle j'ai peine à renoncer, malgré la grande autorité scientifique de Laplace (3), qui explique les retards de tous les *maxima* des marées par une cause à laquelle Newton reconnaît seulement une grande part accessoire dans les retards des deux *maxima* quotidiens de l'élévation des eaux en pleine mer par rapport aux deux passages de la lune au méridien

(1) *Philos. nat. princ. math.*, t. III, part. 1, prop. 24, theor. 19, p. 123 et 128 (Éd. Lesueur et Jacquier, Genève, 1750, in-4°).

(2) *Inquisitio phys. in causam fluxus et refluxus maris*, §§ 73, 74, 97 et 104, p. 333-334, 351 et 355, à la suite de Newton, t. III, part. I, même édition.

(3) *Mécanique céleste*, XIII, 1, l. V, p. 159 et 178-179 (Paris, 1825, in-4°).

au-dessus et au-dessous de l'horizon, c'est-à-dire par la lenteur de la transmission du mouvement dans les grandes masses liquides.

3° D'où vient la différence des *heures de port*? Nous avons vu (§ 10) que les anciens se taisent sur cette question, et nous avons dit que la marée, qui marche régulièrement de l'est à l'ouest, a besoin de temps pour se transmettre, surtout dans les golfes et les détroits, du midi au nord, du nord au midi, ou de l'ouest à l'est, et même de l'est à l'ouest, quand les fonds offrent une résistance extraordinaire.

4° Les marées sont plus sensibles dans l'Océan que dans les mers intérieures. Pline (1) en indique la vraie cause, tirée de l'étendue de la masse liquide sur laquelle agissent la lune et le soleil (2).

5° Dans l'Océan même, la force des marées varie considérablement suivant les lieux. Nous avons vu que, parmi les anciens, quelques-uns invoquaient à ce sujet des causes sans efficacité. Par exemple, l'historien Timée et Solin alléguaient hors de propos les grands fleuves, dont l'écoulement intermittent, suivant eux, venait accroître deux fois par jour les eaux marines (§ 17). Solin alléguait aussi, sans plus de raison, la chaleur de certaines contrées, comme si cette chaleur avait pu gonfler la mer (§ 20). Pline (3),

(1) II, 97, s. 99, n° 217, p. 190-191.

(2) En cela, Pline a deviné mieux qu'Abu-Mashar (XI, 8), qui explique cette différence par la nature spéciale de ces mers, et que Patrizzi (*Nov. de univ. philos.*, lib. XXVIII), Casmann (*Quæst. marin.*, t. II, p. 296, Francfort, 1607), et Rivinus (*De Venilia et Salacia*), qui considèrent surtout la salure de la mer comme la condition de l'intensité du phénomène.

(3) II, 97, s. 99, n° 218, p. 191.

invoquant une comparaison plus ingénieuse que vraie et inspirée par l'hypothèse du vitalisme universel, disait que les marées étaient plus fortes sur les rivages qu'en pleine mer, de même que le pouls se fait mieux sentir aux extrémités des membres. Strabon (1) a été mieux inspiré : il faut dire, avec lui, que les eaux qui tendent à s'élever s'accumulent contre les rivages qui leur font obstacle et entre ceux qui les resserrent. Les anciens ignoraient que, dans les mers libres, la marée n'est que d'un mètre au plus sous l'équateur, et qu'elle va décroissant de l'équateur au pôle, où elle est nulle. C'est donc à la situation et à la configuration des rivages qu'il faut attribuer la force prodigieuse des marées de nos côtes de la Manche et des marées du nord de l'Angleterre, marées dont Pythéas a pourtant exagéré l'intensité, s'il est vrai qu'il les ait évaluées jusqu'à 80 coudées d'élévation (2).

6° D'autres causes locales, par exemple la profondeur grande ou petite des eaux, et l'état des fonds, qui résistent plus ou moins à la propagation du mou-

(1) III, 2, § 4, p. 142-143 (Casaubon). Voyez aussi Aristote, cité ci-dessus (§ 17). Comparez § 3.

(2) Voyez Pythéas dans Pline, II, 97, s. 99, n° 217, p. 191 (Sillig), et dans l'irlandais Dicuil, *De mensura orbis terræ*, VIII, 6, n° 4, p. 64 (Letronne). Lelewel (*Pytheas*, p. 29, trad. allem. de Straszewicz, Leipzig, 1838, in-8°) et Fuhr (*Pytheas*, p. 17, Darmstadt, 1842, in-4°) pensent qu'il y a là une erreur de chiffres, ou un malentendu de Pline, qui aura confondu une crue extraordinaire des eaux avec les marées ordinaires. M. Redslob (*Thulé*, 92-93, Leipzig, 1855, in-8°) croit que l'erreur appartient à Pythéas qui, n'ayant sans doute visité que le sud de l'île de Bretagne,

vement dans la masse liquide, peuvent exercer une influence notable sur l'intensité des marées. Cette influence, entrevue par Aristote (1), a fixé l'attention de Bède (2) et d'Abu-Mashar (3).

7° Des causes accidentelles, par exemple, des trombes, des vents, des tremblements de terre, peuvent quelquefois compliquer le phénomène du flux et du reflux de la mer (4). Nous avons vu (§§ 17 et 21) que, chez les anciens, Aristote, Héraclide de Pont et Posidonius avaient le tort de prêter aux vents soit le

et ayant vu avec surprise la force des marées de cette côte, aura cru qu'elles allaient augmentant vers le nord, et aura calculé qu'elles devaient atteindre 80 coudées au nord de l'Écosse. M. Bessell (*Ueber Pytheas*, II, p. 41-42, Gœttingen, 1858, in-8°) suppose que Pline a appliqué par distraction aux marées du nord des îles Britanniques, parmi lesquelles, d'après le témoignage de Strabon (II, 5, § 8, p. 114), Pythéas comptait l'Islande sous le nom de Thulé, la hauteur assignée par Pythéas aux éruptions d'eau chaude (*geysers*) de l'Islande, éruptions qui s'élèvent, en effet, jusqu'à 100 pieds. Disons plutôt que si Pythéas, mal interprété par Pline, a estimé à 80 coudées, non pas l'élévation du *niveau* de la marée haute, mais la hauteur à laquelle le flot de la marée montante *jaillit* contre les rochers des Orcades, il n'a pas exagéré. Voyez Buffon, *Théorie de la terre*, t. II, p. 97 (éd. Lacépède, 1819), et James Beeverel, *Délices de l'Écosse*, t. XVII, p. 1405 et 1421, cité par Bernardin de Saint-Pierre, *Études de la nature*, étude IV et note 9, t. I, p. 173 et 489 des Œuvres (éd. A. Martin, 1836, grand in-8°).

(1) Dans Strabon, III, 3, § 3, p. 153 (Casaubon).

(2) *Elem. philos.*, lib. III, Op. t. II, p. 222-223 (Cologne, 1612, in-fol.).

(3) XI, 8, trad. lat. (Venise, 1506, in-4°).

(4) La Lande (*Tr. du flux et du reflux*, *Astron.*, t. IV, p. 10 et suiv., Paris, 1781, in-4°) a calculé l'influence que le vent peut exercer sur les marées.

rôle principal, soit un rôle important et perpétuel dans la production régulière du phénomène lui-même. Végèce (1), au contraire, a remarqué avec raison que le flux et le reflux peuvent avoir lieu contre le vent. Bède (2) et Abu-Mashar (3) assignent aux vents leur place véritable parmi les causes accidentelles, qui peuvent modifier les résultats ordinaires des lois des marées.

En résumé, les anciens ont eu, sur le flux et le reflux de la mer, des observations nombreuses et variées, mais trop peu précises, et même tout-à-fait insuffisantes sur plusieurs points, notamment sur les différences locales qui constituent les *heures de port*. Rien n'indique qu'ils aient jamais essayé de mesurer exactement et d'une manière suivie les variations périodiques du niveau des mers, et de prendre des moyennes entre les résultats d'observations très-nombreuses faites en un même lieu en des circonstances semblables entre elles pour les positions de la lune et du soleil. Tel aurait été cependant le seul moyen d'éliminer l'influence perturbatrice des causes accidentelles, et de trouver *expérimentalement* les lois exactes du phénomène, lois dont la détermination *à priori* a été impossible jusqu'à la grande découverte de Newton. Ils ont eu, pour l'explication des marées, des hypothèses très-variées, dont une est vraie au fond. Mais ils ne l'ont pas développée; ils n'ont pas pu l'élever à la hauteur d'une théorie scientifique,

(1) *Instit. rei milit.*, V, 12.
(2) *De rat. temp.*, c. 27.
(3) XI, 4-8, trad. lat. (Venise, 1506, in-4°).

parce qu'ils n'ont pas pu la rattacher à une loi générale de la nature, et, par suite, ils n'ont pas pu en déduire l'explication et la prévision des détails du phénomène, de manière à pouvoir les calculer d'avance. Du reste, ni Descartes, ni Galilée, ni aucun savant moderne avant Newton, n'a réussi beaucoup mieux que les anciens dans la théorie des marées. Newton a ouvert la voie véritable.

Nous avons vu qu'au moyen-âge les notions de Pline sur les marées s'étaient conservées en Occident avec diverses modifications, et qu'elles y avaient donné lieu à diverses théories. Mais, dans l'Empire byzantin, toute notion des marées de l'Océan semble avoir disparu. L'oracle du VIIIe siècle en Orient, saint Jean de Damas, n'en avait dit rien, et Aristote, l'autre grande autorité, n'y avait fait que des allusions fugitives (§§ 1, 2, 8 et 17). Au XIIIe siècle, George de Chypre, moine et ensuite patriarche de Constantinople sous le nom de Grégoire, compose un *Éloge de la mer ou traité de la nature de l'eau en général* (1) : il y est question de l'immense et infranchissable Océan qui entoure toute la terre (2) ; mais il n'y est nullement question des marées. En ce même siècle, le savant moine Nicéphore Blemmide compose un traité de *physique* (3), dont le chapitre XVI est intitulé : *De la*

(1) *Patrologiæ græcæ* tomus CXLII, colonnes 433-444 (Paris, 1865, gr. in-8°, Migne).

(2) Colonnes 435-438.

(3) *Epitomes Isagogicæ* lib. II, *Epitome physica*, colonnes 1022-1320, *Patrologiæ græcæ* tomus CXLII (Migne). Les chap. II-XVII en latin ont été imprimés à tort sous le nom de saint Jean de Damas, dans les trois éditions que Jacques de Billy a données de ses Œuvres.

mer ; les courants alternatifs des euripes de la Méditerranée y sont mentionnés (1) ; mais sur les marées il n'y a pas un mot.

II.

THÉORIES DES ANCIENS SUR QUELQUES PHÉNOMÈNES QU'ON CROYAIT LIÉS AUX MARÉES.

Nous avons vu (§§ 6 et 7) que les anciens rattachaient aux marées les courants observés dans les détroits, les crues et les baisses journalières de certaines sources. Sur ces deux ordres de faits, nous avons exposé leurs observations réelles ou prétendues. Il nous reste à faire connaître les faibles et rares tentatives qu'ils ont faites pour les expliquer.

§ 25. *Théorie des euripes.*

Quoique les anciens se soient beaucoup préoccupés des *euripes,* c'est-à-dire des courants observés dans les détroits, très-peu d'entre eux ont osé hasarder une théorie sur ce sujet difficile. Mais, qu'Aristote se soit noyé dans l'euripe de Chalcis, par désespoir de n'avoir pu pénétrer la cause de ses mouvements, c'est là une fable qu'on rencontre pour la première fois dans les scolies grecques sur saint Grégoire de Nazianze, et dont l'origine se trouve dans deux ré-

(1) Chap. XVI, § 3, colonne 1157 (Migne).

cits, erronés et mal compris, de saint Grégoire et de saint Justin (1).

Comme nous l'avons vu (§ 6), Aristote et d'autres auteurs admettaient que la Méditerranée, grossie par les tributs des fleuves, avait un mouvement habituel et dominant, du Pont-Euxin à l'Océan, par les détroits de Byzance et de Gadès, avec un balancement, par lequel Alexandre d'Egée expliquait les mouvements rétrogrades, légers suivant lui, des euripes; Olympiodore assignait aux vents la cause des mouvements rétrogrades de l'euripe de Chalcédoine; d'autres auteurs attribuaient à chaque euripe des périodes de mouvement alternatif où les propriétés du nombre sacré *sept* jouaient un grand rôle. D'autres prétendaient faire coïncider les mouvements des euripes avec les marées, qui sont en effet quelquefois observables dans les détroits de la Méditerranée, et ils se croyaient ainsi autorisés à appliquer aux euripes leurs hypothèses sur les causes du flux et du reflux de la mer. Ératosthène admettait cette coïncidence, au moins pour l'euripe de Sicile. Nous avons vu (§ 8) qu'il connaissait la période diurne des marées, mais qu'il en niait l'universalité dans l'Océan. Nous ignorons s'il avait une hypothèse à lui sur les causes du flux

(1) Voyez saint Grégoire de Naz., *Contre Julien*, p. 279 (Morel), et saint Justin, *Exhortation aux Grecs*, p. 33 (Bened.). Comparez Eustathe, sur Denys, *Périég.*, v. 475. Ces auteurs disent seulement qu'Aristote mourut de chagrin de n'avoir pu pénétrer ce mystère. Obligé de se réfugier d'Athènes à Chalcis, Aristote y mourut d'une maladie d'estomac. Voyez Apollodore dans Diogène de L., V, 10 Denys d'Halycarnasse, 1re *Lettre à Ammæus*, ch. 5, et Censorin, *De die natali*, c. XIV, p. 71-72 (Havercamp).

et du reflux, et comment il conciliait son opinion sur l'euripe de Sicile avec son hypothèse, bien connue, sur la cause des euripes en général : suivant son système sur la distribution des eaux à la surface du globe, les mers différentes qui communiquent entre elles, et les portions d'une même mer, devaient avoir perpétuellement des niveaux différents ; en conséquence, il disait qu'un courant intermittent, de la mer la plus haute à la mer la plus basse, s'établissait par les détroits et constituait les euripes (1). Strabon ajoute que, suivant l'hypothèse d'Ératosthène, la différence des niveaux subsistant toujours dans le même sens, l'écoulement devrait avoir lieu toujours dans le même sens pour chacun des euripes. L'objection paraît bien fondée. Mais Strabon la gâte en l'exagérant, lorsqu'il prétend conclure du principe d'Archimède que toute différence de niveau, même temporaire, est impossible entre deux mers unies par un détroit. Il ne voit pas que l'action des vents peut élever le niveau des eaux d'un côté du détroit vers lequel elle les pousse, pendant qu'elle l'abaisse de l'autre côté, et qu'ensuite, la cause de cette différence de niveau ayant cessé, l'équilibre doit tendre à se rétablir. Le cours des euripes doit donc, en général, comme le disent Tite-Live et Pausanias (2), être tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, et être irrégulier, de même que les variations des vents, qui le produisent. Quand cette cause de mouvement n'existe qu'à un faible degré, et surtout quand en

(1) Voyez Strabon, I, 3, § 11, p. 54-55 (Casaubon).
(2) Cités plus haut, § 6.

même temps les attractions de la lune et du soleil concourent à produire leur effet le plus puissant, les petites marées de la Méditerranée peuvent devenir sensibles dans les détroits, de même que dans le fond des golfes de cette mer : voilà ce qui peut expliquer l'opinion de certains auteurs anciens qui admettent la coïncidence des mouvements des euripes avec le flux et le reflux de l'Océan. En effet, des observations modernes faites au détroit de Négrepont (1) semblent prouver que, dans les syzygies, ce détroit présente chaque jour deux marées régulières plus ou moins troublées par des mouvements accidentels, tandis que, dans les quadratures, les marées étant trop faibles dans ce détroit, on y voit se manifester à leur place ces mouvements accidentels qui peuvent changer de direction plusieurs fois en un jour.

Quant au détroit du Bosphore, par lequel le trop plein de la mer Noire s'écoule dans la Méditerranée, et quant au détroit de Gibraltar, par lequel, au contraire, les eaux de l'Océan viennent empêcher l'abaissement de niveau que l'évaporation ferait subir à cette mer, les marées sont très-sensibles dans ce dernier détroit, et les causes accidentelles agissent

(1) Voyez Resta, Traité 1, *De mari*, qui cite des observations faites sur les lieux; Paul Lucas, *Voyage dans la Grèce*, 1714, t. I, p. 220, et les observations du P. Babin, publiées par Spon, *Voyage d'Italie, de Dalmatie, de Grece et du Levant*, VIe livre, t. II, p. 190-201, éd. de Lahaye (1724, 2 vol. in-12). Comparez Hartsœker, dans le *Journal des Savants*, janvier 1728, p. 51 et suiv., et *Cours de physique*, t. II, p. 119, et J.-A. Fabricius, *Théologie de l'eau*, trad. fr., p. 310-315 (Paris, 1743, in-8°).

dans l'un et dans l'autre, mais sans pouvoir suspendre le courant dominant (1).

§ 26. *Théorie des crues et des baisses journalières de certaines sources.*

Nous avons dit (§ 7) que, suivant la croyance des anciens, certaines fontaines et certains puits voisins de la mer avaient des crues et des baisses dont les périodes s'accordaient avec celles du flux et du reflux de la mer, ou bien étaient inverses. Or, le rapport direct des crues de certaines fontaines avec les marées a été constaté dans les temps modernes, et M. Arago (2) en a donné une explication hydrodynamique pleinement satisfaisante. Quant au rapport inverse, dont l'explication serait bien difficile, mais dont la réalité est plus que douteuse, c'est précisément le seul pour lequel nous trouvions chez les anciens une tentative d'explication.

Polybe, adoptant le vitalisme universel des stoïciens (§ 20), croyait sans doute que la respiration du globe terrestre, expliquant les marées, expliquait du même coup les phénomènes des fontaines dont les crues coïncidaient avec le flux, et les baisses avec le reflux. Mais le rapport inverse lui paraissait mériter une explication spéciale. Il disait (3) qu'une fontaine de Gadès était basse pendant la haute mer, parce qu'alors

(1) Voyez ci-dessus, § 6.

(2) *Sur les puits forés*, etc. (*Notices scientifiques*, t. III, p. 311-314).

(3) Dans Strabon, III, 5, § 7, p. 172 (Casaubon).

le souffle de la respiration de la terre, sortant avec plus de peine sous les flots qui avaient envahi le rivage, se trouvait en partie refoulé à l'intérieur et bouchait les conduits souterrains de la source, tandis que, pendant la basse mer, ce même souffle, sortant librement du rivage laissé à sec, permettait aux eaux souterraines de remonter dans le bassin de la fontaine. Artémidore opposait à cette hypothèse de Polybe une autre hypothèse, que Strabon (1) n'a pas jugé à propos de nous faire connaître. Mais Strabon (2) lui-même, qui a l'indulgence de trouver celle de Polybe assez vraisemblable, en propose cependant deux autres. D'après la première, pendant la haute mer, les conduits ascendants de la fontaine, humectés extérieurement par l'eau salée, se rétréciraient. D'après la seconde, ces conduits communiqueraient avec ceux de la respiration sous-marine ; de sorte que, pendant l'expiration, qui produit le flux de la mer, les eaux de la fontaine descendraient par leurs canaux vers le fond de la mer, et pendant l'aspiration, qui produit le flux, elles seraient chassées vers la surface de la terre et rempliraient leur bassin.

Ce sont là, comme on voit, des applications assez ingénieuses d'une fausse théorie des marées à l'interprétation d'un fait que Posidonius, qui avait vu la fontaine merveilleuse, avait probablement raison de déclarer imaginaire (3).

(1) III, 5, § 7, p. 172.
(2) III, 5, § 7, p. 173.
(3) Voyez ci-dessus, § 7.

POST-SCRIPTUM.

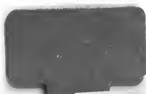
J'ai dit (§ 1) qu'aucune autorité n'appuie l'explication citée par saint Augustin, et d'après laquelle les déesses romaines Venilia et Salacia auraient représenté le flux et le reflux de la mer. Cependant, saint Augustin semble indiquer que cette explication est de Varron, qui pouvait l'avoir donnée dans son ouvrage *Sur les choses divines*, quoique, plus prudent et mieux inspiré dans son traité *Sur la langue latine* (V, 72), il se soit contenté de rapprocher le mot *Venilia* du mot *venire* et du mot *ventus* dans le sens de *vent favorable*, et le mot *Salacia* du mot *salum*, *mer agitée* (Comparez le mot grec σάλος).



Caen, typ. Le Blanc-Hardel.








BIBLIOTECA